

# Netkané textilie s obsahem superabsorbčních vláken

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3106 – Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* 3106T018 – Netkané a nanovláknenné materiály  
*Autor práce:* **Bc. Petr Váňa**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

# Nonwoven containing superabsorbent fibers

## Master thesis

*Study programme:* N3106 - Textilní inženýrství  
*Study branch:* 3106T018 – Netkané a nanovláknenné materiály

*Author:* **Bc. Petr Váňa**  
*Supervisor:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní

Zadání diplomové práce

## Netkané textilie s obsahem superabsorbčních vláken

*Jméno a příjmení:* **Bc. Petr Váňa**  
*Osobní číslo:* T17000034  
*Studijní program:* N3106 Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* Netkané a nanovláknenné materiály  
*Zadávající katedra:* Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů  
*Akademický rok:* **2017/2018**

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou zpracování superabsorbčních materiálů v textilním průmyslu. Zaměřte se zejména na zpracování superabsorbčních vláken do netkaných textilií.
2. Navrhněte postup výroby netkané textilie s obsahem SAP vláken a vyrobte sérii vzorků o různých objemových hmotnostech a s různým obsahem SAP vláken.
3. Vypracujte metodiku hodnocení sorpce vyrobených materiálů a naměřené výsledky zpracujte a vyhodnoťte.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace  
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 dle potřeby  
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická



**Seznam odborné literatury:**

1. W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann: Nonwovens Fabrics, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527-30406-1
2. RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
3. Jirsák, O., Wadsworth, L.C. Nonwoven Textiles, Carolina Academic Press, Durham, NC 1999, ISBN 0-89089-978-8

Vedoucí práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.  
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů  
Datum zadání práce: 20. února 2018  
Předpokládaný termín odevzdání: 18. dubna 2019

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka

V Liberci 20. února 2018



  
Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat zejména svému vedoucímu této diplomové práce Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D. za skvělou spolupráci a odborné vedení v jejím průběhu. Také bych chtěl poděkovat Bc. Filipovi Sanetníkovi za pomoc s návrhem a následnou výrobou testovacího zařízení pro tuto práci. V poslední řadě děkuji své rodině a blízkým přátelům za podporu.

## **ANOTACE**

Tato práce je zaměřena na výrobu a vytvoření měřicího zařízení s metodikou pro netkané textilie obsahující superabsorbční vlákna s různým procentuálním zastoupením. Cílem je také zjištění zpracovatelnosti výrobků se superabsorbčními vlákny.

V teoretické části jsou vysvětleny základní pojmy pro výrobu netkaných textilií na mykacím stroji, které jsou spojeny termicky. Dále obsahuje popis použitých vláken pro experiment, zejména superabsorbčních materiálů.

Experimentální část je zaměřena na vývoj zařízení pro testování a příslušné metodiky. V závěrečné části jsou uvedeny výsledky měření s vyhodnocením.

### **Klíčová slova**

Superabsorbent, polyester, kopolyester, smáčení, vztlínání, metody testování

## **ANNOTATION**

This work is focused on the production and creation of a measuring device with a methodology for nonwoven fabrics containing superabsorbent fibers with different percentages. The aim is also to determine the workability of superabsorbent fiber products.

The theoretical part explains the basic concepts for the production of nonwovens on carding machines, which are thermally bonded. It also contains a description of the fibers used for the experiment, especially superabsorbent materials.

The experimental part is focused on the development of testing equipment and relevant methodology. In the final part there are results of measurement with evaluation.

### **Key words**

Superabsorbent, polyester, copolyester, wetting, capillary action, testing methods

# Obsah

1.	Úvod.....	12
2.	Teoretická část .....	13
2.1	Netkané textilie .....	13
2.1.1	Historie netkaných textilií .....	13
2.1.2	Způsoby výroby vláknenné vrstvy netkaných textilií .....	14
2.2	Bikomponentní vlákna .....	18
2.3	Superabsorbenty .....	18
2.3.1	Superabsorbent ve formě prášku .....	19
2.3.2	Superabsorpční vlákna (SAF) .....	19
2.3.3	Technical Absorbents (TAL).....	20
2.3.4	Polyakrylát sodný .....	21
2.3.5	Absorbční mechanismus.....	21
2.4	Polyester .....	22
2.5	Kopolyester .....	23
2.6	Základy smáčení a vzlínání .....	23
2.6.1	Povrchové napětí .....	24
2.6.2	Kontaktní úhel a Youngova rovnice-smáčení rovinného povrchu..	26
2.6.3	Hydrofobie a hydrofilie .....	27
2.6.4	Kapilarita .....	27
2.6.5	Lucasův – Washburnův vztah – dynamika průniku kapalin do kruhové kapiláry .....	28
2.7	Transport tekutin v pórovitém materiálu.....	30
2.7.1	Pórovitý materiál .....	30
2.8	Normované měření absorpce netkaných textilií.....	31
2.8.1	Zkušební metoda STANDARD TEST: WSP 010.1.R3 (12) .....	31



2.8.2 Stanovení absorpce pod tlakem EDANA ERT 442.2 (02)/IST	
242.2(02)	32

3. Experimentální část.....	33
3.1 Použité materiály.....	33
3.1.1 Superabsorbční vlákna .....	33
3.1.2 Bikomponentní vlákna Polyester Copolyester (COPPES) .....	33
3.1.3 Polyesterová vlákna.....	33
3.2 Ověření funkce SAP vláken .....	34
3.2.1 Postup testování.....	34
3.3 Výroba materiálu.....	35
3.4 Návrh a zhotovení zařízení pro měření sorpce.....	35
3.5 Metodika měření .....	37
3.6 Vyhodnocení měření .....	38
3.7 Měření .....	38
3.8 1. série vzorků .....	40
3.8.1 1 vrstva 30% SAP + 70% BIKO .....	40
3.8.2 2 vrstvy 30% SAP + 70% BIKO .....	40
3.8.3 3 vrstvy 30% SAP + 70% BIKO .....	41
3.8.4 Vyhodnocení vzorků s 30% SAP + 70% BIKO.....	42
3.8.5 1 vrstva 50% SAP + 50% BIKO .....	42
3.8.6 2 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO .....	43
3.8.7 3 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO .....	44
3.8.8 Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 50% BIKO.....	44
3.8.9 1 vrstva 70% SAP + 30% BIKO .....	45
3.8.10 2 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO .....	46
3.8.11 3 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO .....	46
3.8.12 Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 30% BIKO.....	47

3.9	2. série vzorků .....	48
3.9.1	1 vrstva 50% SAP + 50% BIKO .....	48
3.9.2	2 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO .....	49
3.9.3	3 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO .....	49
3.9.4	Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 50% BIKO s mřížkou.....	50
3.9.5	1 vrstva 70% SAP + 30% BIKO .....	50
3.9.6	2 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO .....	51
3.9.7	3 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO .....	52
3.9.8	Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 30% BIKO s mřížkou.....	52
3.9.9	1 vrstva 80% SAP + 20% BIKO .....	53
3.9.10	2 vrstvy 80% SAP + 20% BIKO .....	53
3.9.11	Vyhodnocení vzorků s 80% SAP + 20% BIKOMP s mřížkou .....	54
3.10	3. série vzorků .....	55
3.10.1	1 vrstva 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES.....	55
3.10.2	2 vrstvy 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES .....	56
3.10.3	3 vrstvy 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES .....	56
3.10.4	Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES .....	57
3.10.5	1 vrstva 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES.....	57
3.10.6	2 vrstvy 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES .....	58
3.10.7	3 vrstvy 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES .....	58
3.10.8	Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 15% BIKO + 55% PES .....	59
3.11	Porovnání všech vyrobených vzorků o jedné vrstvě.....	60
3.12	Porovnání všech vyrobených vzorků o dvou vrstvách.....	61
3.13	Porovnání všech vyrobených vzorků o třech vrstvách.....	62
4.	Závěr .....	63
5.	Literatura.....	65
6.	Seznam příloh .....	67

## Seznam zkratk a symbolů

$\gamma$	povrchové napětí kapaliny
$L$	délka pohyblivého raménka
$F$	síla působící na jednotkovou délku
$\theta$	úhel smáčení
$\gamma_p$	povrchové napětí pevné látky
$\gamma_{pk}$	povrchové napětí na rozhraní pevná látka – kapalina
$h$	výška kapalinového sloupce
$p_1$	kapilární tlak
$p_2$	hydrostatický tlak
$V$	objem kapaliny v kapiláře
$r$	poloměr kapiláry
$\beta$	úhel kapiláry
$\rho$	hustota kapaliny
$g$	gravitační zrychlení
SAF	Superabsorbent fibers
SAP	Superabsorbent polymers

# 1. Úvod

V oblasti netkaných textilií dochází postupem let k velkým pokrokům. Hlavním tématem je schopnost ušetřit na už vyráběných materiálech nebo poskytnout zákazníkovi nové možnosti pro jeho využití. Je třeba přicházet s materiály, které umožní lepší komfort a usnadní život lidem s různými postiženími nebo malým dětem. Pro tento případ lze použít superabsorbční vlákna, která jsou hlavním tématem této práce. Dosud je například v dětských plenách používána superabsorbent ve formě prášku. Použití vláken může mít různé výhody.

Tato diplomová práce slouží k seznámení s problematikou zpracování superabsorbčních vláken v textilním průmyslu. Dále práce obsahuje návrh testovacího zařízení pro měření vyrobených vzorků s různým obsahem superabsorbčních vláken. V neposlední řadě je zde také řešena metodika měření na vyvinutém laboratorním přístroji.

V teoretické části jsou uvedeny používané metody výroby netkaných textilií. Teoretická část rovněž obsahuje popis použitých vláken, zejména pak superabsorbčních vláken. V dalších bodech jsou popsány základy smáčení a vztlínání, které jsou důležité pro fungování materiálů se schopností sorbovat. Následující část je zaměřena na chování tekutiny v kapiláře. Posledním bodem teoretické části jsou normy, ze kterých bylo vycházeno na začátku této práce. Z důvodu nemožnosti měřit dynamiku sorpce podle uvedených norem, bylo nutné vyvinout vlastní zařízení s metodikou měření.

Poslední část této práce je zaměřena na výrobu a prováděný experiment. Nejprve je popsána výroba vzorků, poté návrh testovacího zařízení. Je zde také popsána metodika hodnocení. V konečné části jsou uvedeny výsledky měření a jejich konzultace. V závěru jsou uvedena další možná řešení a vylepšení pro další vývoj v oblasti výroby a testování superabsorbčních materiálů.

## **2. Teoretická část**

V teoretické části této práce se nachází stručně vysvětlené pojmy, které se při řešení vyskytovaly.

V kapitole 2.1 je popsána netkaná textilie jako taková a rovněž je zde popsán způsob její výroby. V následující kapitole 2.2 je vysvětlen pojem bikomponentní vlákna. Vlákna byla použita při výrobě materiálů v experimentální části. Dalším materiálem použitým pro experiment byla superabsorbční vlákna. Jejich charakteristika je popsána v kapitole 2.3. Bod 2.4 v krátkosti popisuje polyester. Kapitola 2.5 osvětlí výraz kopolymer. Je zde rovněž popsána výroba a výhody tohoto polymeru. Důležitou kapitolou pro tuto práci je kapitola 2.6, která obsahuje základy smáčení a vzlínání. Další navazující kapitolou je 2.7. Tato kapitola se zabývá transportem tekutin v pórovitém materiálu. Jako poslední je kapitola 2.8. Zde jsou uvedeny normy, které bylo nutné prostudovat před začátkem experimentu.

### **2.1 Netkané textilie**

Netkaná textilie je vrstva vláken, která jsou uspořádána nahodile či orientovaně. Vlákna mohou být propojena třemi způsoby. Těmito způsoby jsou: tření, adheze nebo koheze. Síly mohou být kombinovány podle konečného použití výrobku. Kombinací orientace vláken a způsobu propojení lze vytvářet mnoho struktur [1].

#### **2.1.1 Historie netkaných textilií**

Za první způsob výroby netkaných textilií lze považovat plstění. Plstěním dochází k provázání vláken za působení vody, tepla a mechanického namáhání. Dalším významným krokem ve vývoji netkaných textilií byla technologie vpichování, která byla objevena v 19. století. Tato metoda dovolila zpracovávat vlákna, která nebylo možno použít k výrobě přízí. V důsledku 2. světové války došlo v období 40. let 20. století k velkému rozvoji technologií. V tomto období docházelo k vývoji metod, které nevyžadovaly klasické způsoby výroby, jako je pletení a tkaní. Vyvíjely se technologie založené na přímé tvorbě vláknenných vrstev z polymerů a jejich následné termické pojení. Od 60. let převládá výroba přímo z polymeru. Nové technologie jsou nazývány Spunbond, Meltblown a v neposlední řadě Elektrostatické zvlákňování [2].

## **2.1.2 Způsoby výroby vláknenné vrstvy netkaných textilií**

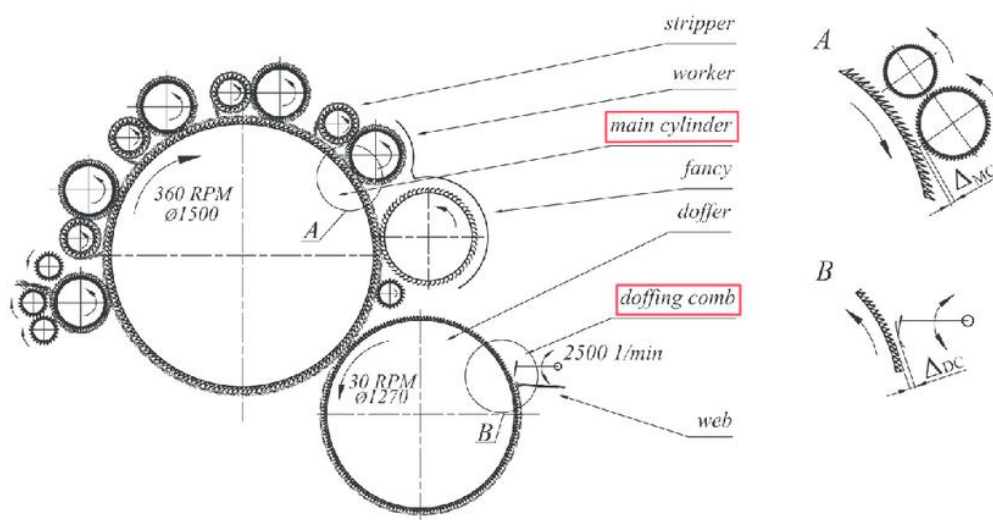
Způsoby výroby mohou být rozděleny do dvou základních skupin. Jako první lze považovat mokrou cestu, která vychází z výroby papíru. Při výrobě vláknenné vrstvy dochází k tzv. naplavování vláken na síto.

Další možností výroby vláknenné vrstvy je tzv. suchá cesta. Tu lze dále rozdělit na mechanickou, aerodynamickou a výrobu přímo z polymeru.

### **2.1.2.1 Mechanická tvorba rouna**

Mykání je technologie, která se řadí do mechanických způsobů výroby vláknenné vrstvy. Pro výrobu je používán mykací stroj. Stroje mohou být víčkové a válcové. Víčkový mykací stroj je tzv. bavlnářský. Jak z názvu vyplývá, je používán pro zpracovávání bavlněných vláken. Válcovým mykacím strojem jsou převážně zpracovávána vlákna ze srstí a rovněž vlákna syntetická. Pro výrobu netkaných textilií je používán, z důvodu jeho větší výkonnosti, válcový mykací stroj. Díky tomuto stroji dochází k vyšší produktivitě výroby. Úkolem mykacích strojů je rozvolnění chomáček a ojednocení vláken. Ojednocená vlákna jsou urovnána do podélného směru vůči výstupu vrstvy ze stroje. Mykáním také dochází k odstraňování nečistot a krátkých vláken [1] [2].

Válcový mykací stroj je složen z několika válců. Každý z nich plní svou funkci nezbytnou, ke správnému chodu stroje. Hlavní a největší částí stroje je tambur, zbytek válců se nachází v okolí tohoto hlavního válce. Další válce, které nalezneme v několika opakujících se sekcích po obvodu, jsou válce nazývané jako pracovní válec a obraceč. K hlavnímu mykacímu procesu dochází mezi pracovním válcem a tamburem. Tato sekce je vyobrazena na Obr. 1A. Obraceč snímá nepromykaná vlákna z pracovního válce a vrací je zpět mezi pracovní válec a tambur. Obr. 1B vyobrazuje sčesávací pilku, která má za úkol snímat namykanou vláknennou vrstvu.



Obr. 1 Válcový mykací stroj s popisem jednotlivých válců. Dále je zde vyobrazena pracovní sekce v detailu (A) a snímací sekce (B) [3].

### 2.1.2.2 Způsoby zpevňování vlákně vrstvy

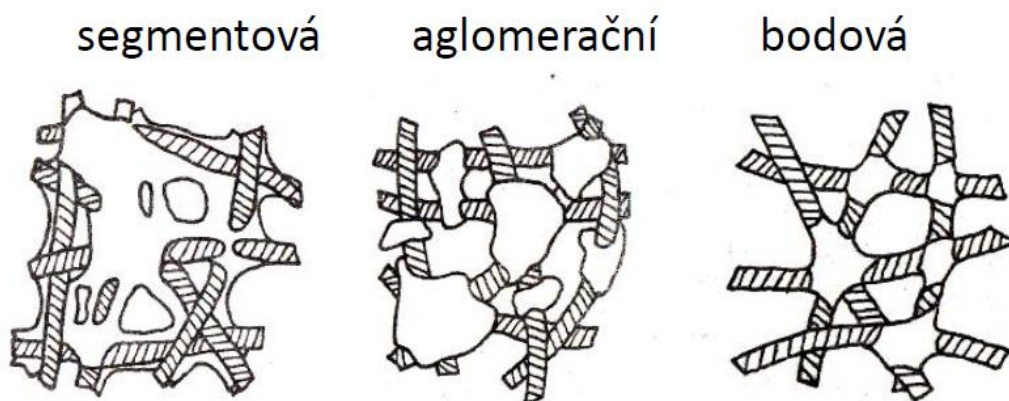
Ke zpevňování vlákněných vrstev může docházet několika způsoby [3]:

- Mechanicky
  - Vpichování
  - Spunlace
  - Proplétání
- Chemicky
  - Impregnací
  - Pěnou
  - Termicky
- Termicky
  - Teplovzdušně
  - Kalandrem

### 2.1.2.3 Termické pojení

Termické pojení je, z důvodu vysoké efektivity, jednou z nejpoužívanějších technologií. Zajišťuje vysokou produkci, nízkou cenu a rovněž je šetrné k životnímu prostředí - na rozdíl od chemického pojení. První tepelně spojené netkané textilie byly vyrobeny v 40. letech 20. století.

Pro vytvoření tepelného spoje je zapotřebí, aby bylo pojivo termoplastické. Pojivo může být ve formě prášku, granulátu, folie nebo bikomponentních vláken. Teplem dochází k natavení pojiva. Tímto dochází ke spojení jednotlivých vláken v textilií. Mohou vznikat různé struktury pojivých míst. Tyto struktury se nazývají segmentová, aglomerační a bodová struktura viz. Obr. 2 pod textem. Segmentová struktura vzniká nanášením pojiva pomocí postřiku, impregnace nebo tiskem. Strukturu aglomerační lze docílit pomocí prášků, mříže a folie. Poslední, bodová struktura, vzniká použitím bikomponentních vláken. Tato struktura zajišťuje dobrou pevnost a zároveň pružnost a splývavost [4].



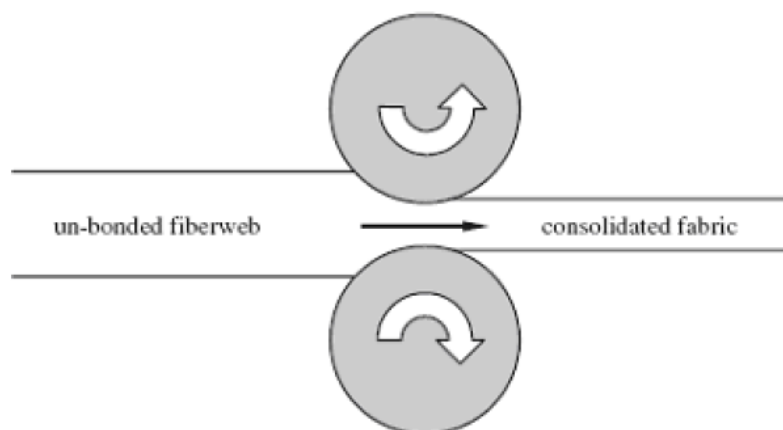
Obr. 2 Rozdělení struktur vznikajících při termickém pojení [5].

### 2.1.2.4 Kalandrování

Při zpevňování vlákenné vrstvy pomocí technologie kalandrování, je vrstva přiváděna mezi dva válce. Válce mohou být vyhřívané oba nebo jen jeden. Vyhříváním válců na teplotu tání spojeného materiálu dochází k natavení a za pomoci tlaku válců k formování vrstvy. Po průchodu kalandrem dochází k chlazení. Parametry výsledné textilie lze ovlivňovat přitlakem válců, teplotou a také za pomoci povrchů válců, které

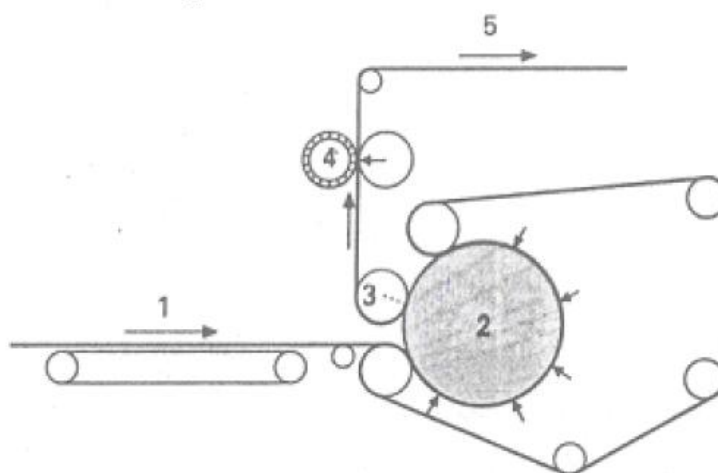


mohou být vzorované. Pracovní rychlost kalandrování se udává do 150 m/min. Pro získání stejného tlaku mezi válci po celé délce se provádí úpravy kalandrování několika způsoby. Prvním může být mírné vyosení, cca o 1°. Další možností jsou bombírované válce. Jako poslední je možnost použití válců s přitlačným jádrem. Na obrázku 3 pod textem lze vidět schéma kalandrování dvěma válci [4].



*Obr. 3 Schéma kalandrování dvěma válci a ukázka redukce tloušťky textilie [4]*

Dalším možným způsobem kalandrování je nahrazení jednoho z válců přitlačným pásem. Schéma pásového kalandrování je uveden na obrázku 4. U tohoto způsobu je zvětšen čas v meziprostoru válce a pásu na cca 1-10 sekund. Tento způsob je vhodný pro rouna o vysoké tloušťce.



*Obr. 4 Schéma pásového kalandrování: 1- netkaná textilie 2- vyhřívaný válec 3- tlakový válec 4- vzorovací válec 5- termicky pojená netkaná textilie [4]*

## 2.2 Bikomponentní vlákna

Bikomponentní vlákna jsou vyráběna ze dvou a více různých polymerů o různých teplotách tání. Polymery jsou vstřikovány do speciální hubice, která udává typ vyrobeného vlákna. Při použití bikomponentního vlákna pro pojení textilií, dochází k bodové struktuře spojení. Při procesu pojení se roztaví polymer s nižší teplotou tání a vlákno si zachová svou podobu a není nijak deformované. Typickým příkladem je spojení polymerů polyester s kopolyesterem, kde kopolyester je níže tající složkou [2].

Bikomponentní vlákna mohou být v průřezu tohoto typu:

- **Jádro – plášť**

Tento typ je jedním z nejpoužívanějších. Jádro je tvořeno nosným polymerem a obal disponuje nižší teplotou tání.

- **Strana – strana**

Jak z názvu vyplývá, jednotlivé polymery se vyskytují na bocích, převážně kruhového průřezu. Bikomponentní vlákno je nejčastěji tvořeno z polyesteru zastupujícího výše tající polymer a pojivé složky polypropylen nebo kopolyester.

- **Ostrovky v moři**

Pomocí těchto vláken se získávají velice jemné struktury. Ty jsou využívány pro výrobu syntetických usní.

- **Koláčová struktura**

Tento typ vláken je používán pro získání jemných fibril po roztavení pojiva.

## 2.3 Superabsorbenty

Superabsorbent (známý pod zkratkou SAP jako superabsorbční polymer) byl poprvé objeven a vyroben na počátku 70. let v Japonsku a USA. Od 80. let došlo k postupnému využívání v hygieně [6].

Superabsorbenty jsou vyrobeny z polyakrylátu sodného. Jsou schopny absorbovat až 300 násobek své hmotnosti ve vodě. Po absorbování vody nedochází ke zpětnému uvolnění. Díky těmto vlastnostem nachází SAP uplatnění v dětských

plenách, inkontinenčních výrobcích, nemocničních podložkách a ve vložkách pro ženskou hygienu [7].

### **2.3.1 Superabsorbent ve formě prášku**

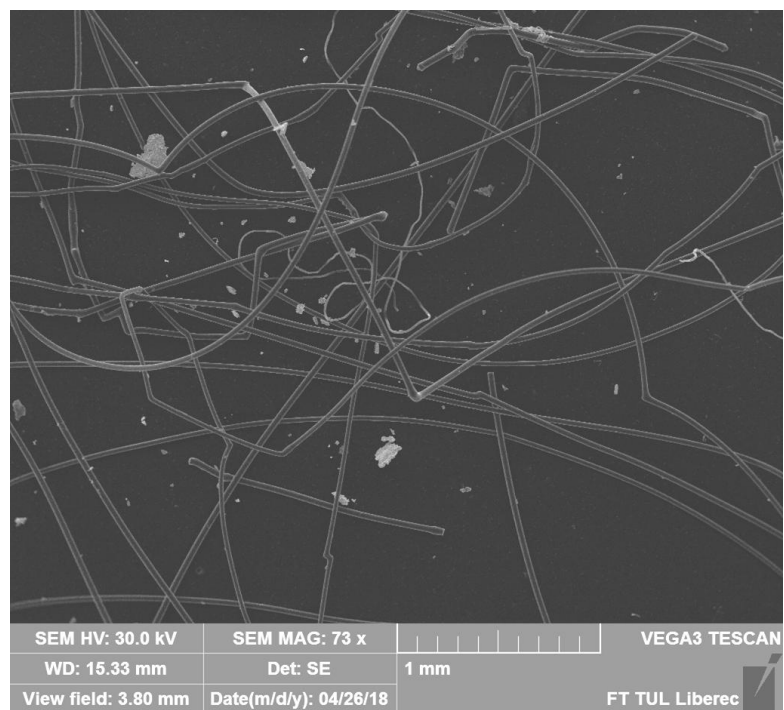
Superabsorbenty se mohou vyskytovat v několika formách. Jednou z nich je prášek (granulát). Tento druh se vyskytuje například v dětských plenách. Prášek je umístěn v jádře pleny nejčastěji v kombinaci s viskóзовými vlákny. Poměr superabsorbentu k vláknům se liší podle výrobce [7].

### **2.3.2 Superabsorpční vlákna (SAF)**

Další formou superabsorbentů je vlákno. Tento druh vláken je jedním z nejnovějších. V současnosti je velice drahý. Vlákna jsou používána v místech, kde nemůže být použit prášek. Z těchto vláken mohou být vyrobeny tkaniny, pleteniny a netkané textilie zpracované mykáním [6].

Superabsorpční vlákna se dají kombinovat s mnoha dalšími přírodními a syntetickými vlákny. Nejčastěji se kombinují s polyesterovými vlákny. Pro udržení SAF vláken v textilií není třeba použití lepidla ani tepelného pojení. Tepelná odolnost vláken se uvádí do 200 °C, poté dochází k jeho degradaci. Superabsorpční vlákna se mohou vyrábět v různých absorpčních stupních, délkách a jemnostech tak, aby vyhovovala požadavkům výrobců pro konkrétní použití. Příklad superabsorbčních vláken lze vidět na *Obr. 5*, který byl pořízen na elektronovém skenovacím mikroskopu [8],[9].

Vlákna mohou být uplatněna v obvazových materiálech pro absorpci exsudátů z infikovaných oblastí na těle. Nejčastěji se využívají u popáleninových zranění. Další využití vláken je např. v zahradnictví. Zde textilie s obsahem SAF vláken mají za úkol zadržování vody a současně zabezpečovat, aby nedocházelo k jejímu rychlému vypařování. Jedním z použití může být také filtrace. Slouží k filtrování olejů a nafty od vody. Jednou ze zajímavých aplikací SAF je použití v izolaci elektrického vedení. Absorpční vrstva se nachází mezi svazkem a vnější izolací. K účinnosti této vrstvy dochází narušením izolační vrstvy například při výkopových pracích. [8],[9].



*Obr. 5 Superabsorbční vlákna o jemnosti 10 dtex vyfocené na skenovacím elektronovém mikroskopu*

### 2.3.3 Technical Absorbents (TAL)

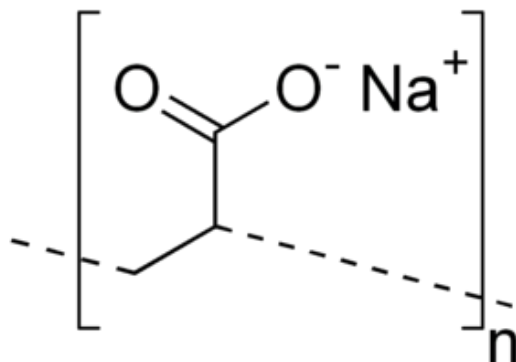
*Technical Absorbents (TAL)* je dceřiná společnost *China National BlueStar (Group) Company Limited*, která je zcela vlastněna společností *Chem China*.

*Technical Absorbents* je firma zabývající se superabsorpčními technologiemi a výrobou různých produktů. Firma byla založena v roce 1993. Výrobním závod TAL se nachází ve Velké Británii. Hlavním cílem této firmy je výroba superabsorpčních vláken SAF<sup>TM</sup>. Společnost rovněž vyvinula širokou škálu netkaných textilií a přízí. Postupem času si vybudovala jedinečnou pozici v poskytování různých forem superabsorbentů. Devizou *Technical Absorbents* je schopnost zakázkové výroby dle potřeb zákazníka [10].

Základní nabídku superabsorpčních vláken tvoří 4 druhy vláken z pohledu sorpce. Dále lze rovněž vybírat z několika typů staplových délek a jemností vláken. Cena těchto vláken se pohybuje okolo 140 euro za jeden kilogram [10].

### 2.3.4 Polyakrylát sodný

Polyakrylát sodný je složen ze směsi kyseliny akrylové a hydroxidu sodného. Přitom hydroxid sodný slouží jako neutralizační činidlo. Polyakrylát sodný je aniontový polyelektrolit s negativně nabitými karboxylovými skupinami v hlavním řetězci. Pro organismus je tato látka netoxická a proto může být používána v intimní hygieně. Na obrázku pod textem lze vidět vzorec polyakrylátu sodného [11].

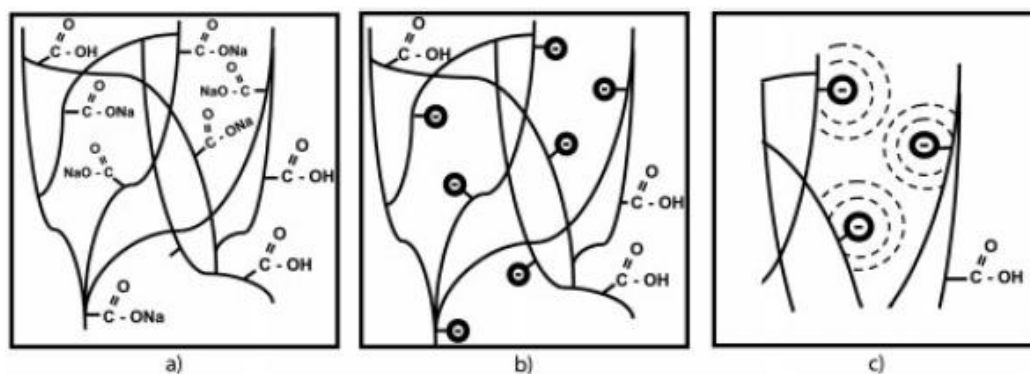


*Obr. 6 Vzorec polyakrylátu sodného [12]*

### 2.3.5 Absorbční mechanismus

Na rozdíl od materiálů vázajících vodu (celulóza, pěny atd.), dokáže polyakrylát sodný absorbovat velké množství vody. Vodu dokáže také trvale uchovávat a to dokonce i pod tlakem.

Superabsorbenty patří do skupiny polyelektrolytů. Toto jsou látky, které obsahují skupiny schopné elektrolytické disociace. Sodná sůl kyseliny polyakrylátové interaguje s molekulami vody. Přitom vznikají vodíkové vazby mezi molekulami vody a karboxylovým aniontem. Jelikož uvnitř zesíťovaného polyakrylátu vzniká vysoká nábojová hustota, dochází k pronikání vody dovnitř řetězce. Zde se pak přeměňuje polymer na hydrogel. Absorpce je ukončena poté, co další rozestupování zesíťovaných řetězců není možné. Mechanismus absorpce superabsorbentů je uveden na *Obr. 7* [8].



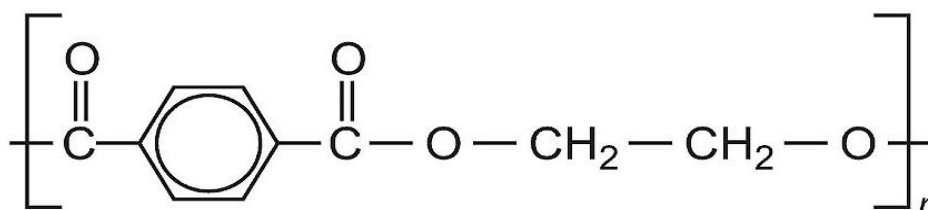
Obr. 7 Mechanismus absorpce SAP: a) SAP v suchém stavu b) SAP v kontaktu s vodou c) SAP po nabobtnání a absorpci kapaliny [8]

## 2.4 Polyester

Polyester byl objeven počátkem 19. století. Polyesterová vlákna byla vyrobena o více jak sto let později, v roce 1941 ve Velké Británii.

Polyester je syntetický polymer a je označován zkratkou PES. Výroba polyesteru se provádí polykondenzační reakcí mezi organickým alkoholem (OH) a karboxylovou kyselinou (COOH). Tyto funkční skupiny reakcí vytvářejí esterové vazby charakteristické pro polyestery [8].

Nejvýznamnější ve skupině polyesterů je polyethyltereftalát (PET), z něhož jsou vyráběna textilní vlákna. Pro výrobu polyesterových vláken jsou používány molekulové hmotnosti v rozmezí od 15 000 do 25 000 g/mol. Polyethyltereftalát se vyznačuje vysokou odolností na světle a malou navlhavostí. Jeho další vlastnosti se dají ovlivňovat mechanickými nebo chemickými procesy. Jednou z možností je zvýšení orientace molekul, kterou následně dojde ke zvýšení pevnosti. Dále lze pomocí přimíchání chemikálií ovlivňovat žmolkovitost, omak, obloučkovitost vláken a také afinitu k barvivům. U polyethyltereftalátu se pohybuje teplota zesklnění mezi 80 °C až 110 °C a teplota tání mezi 250 až 260 °C [8].



Obr. 8 Vzorec polyethyltereftalát [13]

## 2.5 Kopolyester

Kopolyester patří do skupiny kopolymerů. Kopolymery jsou vyráběny tzv. kopolymerací. To je typ chemické reakce, při které dochází ke spojení různých druhů monomerů. Kopolymerace je jednou z nejčastějších cest modifikace vlastností výsledných polymerů. Polymer se poté liší svými vlastnostmi od polymeru získaného jednoduchým smísením homopolymerů. Rozložení jednotlivých monomerních jednotek v makromolekule vychází z jejich reaktivity, koncentrace a na podmínkách samotné reakce [14].

V případě dvou různých monomerů vstupujících do reakce je možné vyrobit čtyři izomerní kopolymery:

- **Kopolymer statistický** – v tomto typu je uspořádání monomerních jednotek zcela nahodilé
- **Kopolymer alternující** – zde dochází k pravidelnému střídání monomerních jednotek
- **Kopolymer blokový** – řetězec polymeru je tvořen bloky, které obsahují pouze jeden typ monomeru
- **Kopolymer roubovaný** – u tohoto typu jsou na základní řetězec obsahující jeden typ monomeru naroubovány postraní řetězce složené z monomeru druhého

## 2.6 Základy smáčení a vzlínání

S jevem smáčení se lidstvo setkává od začátku své existence. Lze se s ním setkávat v přírodě na stéblech a listech rostlin nebo na pavučinách.

Smáčením se rozumí vzájemné působení kapaliny a pevného povrchu. Velice úzce souvisí s povrchovým napětím. Smáčení poukazuje na schopnost textilie transportovat a zadržovat kapalinu v mezivláknenných prostorech uvnitř struktury. Smáčivost textilie je ovlivňována mnohými faktory. Těmito faktory je morfologie vláken, typ vláken, způsob výroby textilie, orientací vláken a vlastnosti kapaliny. [15].

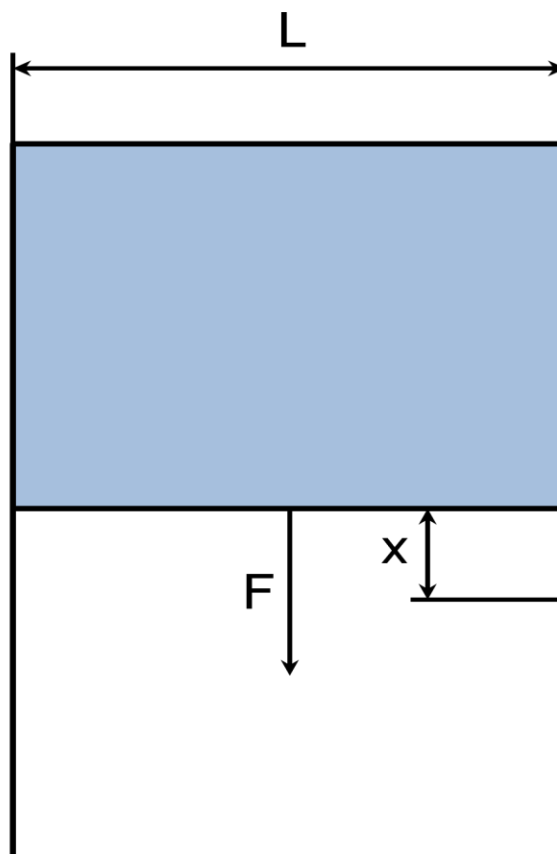
Smáčení a vzlínání spolu velice úzce souvisí. Aby mohlo dojít ke vzlínání je smáčení podmínkou. Transport kapaliny do póru textilie je způsoben vnějšími a kapilárními silami.

### 2.6.1 Povrchové napětí

Jak už bylo výše napsáno, povrchové napětí velice úzce souvisí s povrchovou energií. Povrchové napětí je fyzikální vlastností kapaliny. Povrch této kapaliny je pokryt tenkou a pružnou vrstvou. Vrstva na povrchu je přibližně  $10^{-9}$  m tlustá. Tato vrstva stahuje kapalinu do energeticky nejvýhodnějšího tvaru, jímž je koule. Tento jev nastává díky tomu, že koule má ze všech těles nejmenší povrch při daném objemu. Působením vnějších sil dochází ke změně tvaru povrchu. Povrchové napětí je definováno jako síla, která působí kolmo na délku myšleného řezu povrchem a je dělena touto délkou. Povrchové napětí může být ovlivňováno několika vlivy. K nejdůležitějším patří druh kapaliny. Hodnotu povrchového napětí lze následně upravovat přidáním povrchově aktivních látek (tenzidů). Povrchově aktivní látky jsou schopny se nahromadit na fázovém rozhraní a přitom snižovat mezifázovou energii soustavy, aby mohlo dojít například ke smáčení [16] [17].

Povrchové napětí kapaliny  $\gamma$  s jednotkou  $\text{N.m}^{-1}$ , je nejčastěji vysvětlováno na pokusu, který se nazývá Maxwellův nebo Dupreho pokus. Pokus spočívá v nanesení tenké vrstvy kapaliny do drátěného rámečku s pohyblivým raménkem. Tenká vrstva je udržena v rovnovážné poloze působením síly  $F$  na pohyblivé raménko o délce  $l$ . Síla, která působí na jednotkovou délku raménka, dělená dvěma, je rovna povrchovému napětí  $\gamma$ . Pokus je zobrazen na *Obr. 9* pod textem.





*Obr. 9 Maxwellův pokus*

Povrchové napětí  $\gamma$  popsané rovnicí

$$\gamma = \frac{F}{2l} . \quad (1)$$

Povrchové napětí je vektorová veličina. Velikost je rovna povrchové energii  $W$ . Aby mohlo dojít k posunutí raménka, musí být dodána práce  $A$ . Tuto práci lze vyjádřit jako

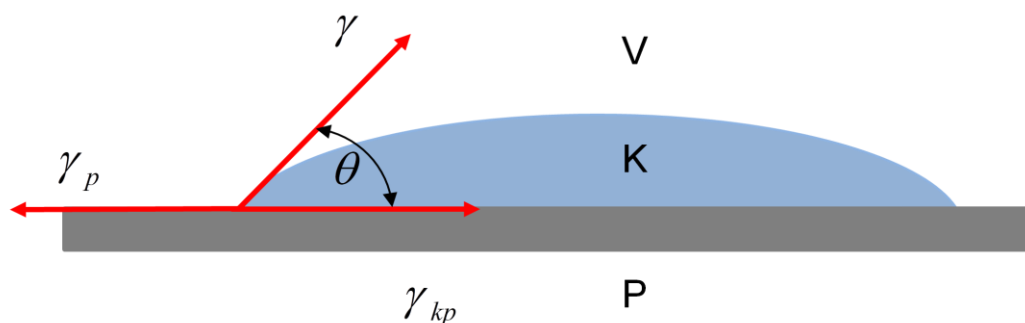
$$A = F x = 2 \gamma l x . \quad (2)$$

Práce  $A$ , která byla dodána, se přemění na energii vázanou na povrch kapaliny. Z toho pokusu vyplývá, že energie  $W$  působící na povrch  $2lx$ , se rovná povrchovému napětí  $\gamma$ .

## 2.6.2 Kontaktní úhel a Youngova rovnice-smáčení rovinného povrchu

V problematice smáčení je velice důležitým parametrem kontaktní úhel, známý též jako úhel smáčení  $\theta$ . Je to jedna z mála měřitelných vlastností na fázovém rozhraní. Úhel smáčení nám určuje, zda se měřený povrch smáčí či nikoliv. Tyto stavy nazýváme hydrofilní a hydrofobní.

Pro měření a vysvětlení problematiky smáčení, je na hladkou destičku nanесena kapka testované kapaliny, která je následně pozorována. Lze vidět na Obr. 10 [18].



Obr. 10 Na pevném podkladu  $P$  je umístěna kapka kapaliny  $K$ .  $V$  označuje plyn. Je zde také vyznačena rovnováha sil působících na obvodu smáčení.

Mezi silami uvedenými na obrázku nad textem jsou vyobrazeny tři různé stykové plochy. Každému rozhraní fází náleží povrchové napětí  $\gamma$  (kapalina- plyn),  $\gamma_p$  (pevná látka- plyn) a  $\gamma_{kp}$  (pevná látka-kapalina).

V této soustavě existují tři stykové plochy. Tyto plochy jsou na rozhraní jednotlivých fází mezi pevnou látkou a kapalinou, pevnou látkou a plynem, kapalinou a plynem. Pro každé rozhraní přísluší povrchové napětí  $\gamma_p$  (pevná látka-plyn),  $\gamma$  (kapalina-plyn) a  $\gamma_{kp}$  (kapalina-pevná látka). Hranice, kde se stýkají všechny tři fáze, se nazývá linie smáčení. Uzavřená linie smáčení vytváří obvod smáčení. Úhel  $\theta$  mezi rozhraním kapalina-plyn a pevná látka-kapalina se nazývá úhel smáčení [19].

Jestliže je povrch pevné látky zcela rovný a nedochází k pronikání kapaliny do pevné látky, lze tento stav povrchových napětí  $\gamma_p$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma_{kp}$  popsat rovnicí, kterou nazýváme Youngova rovnice

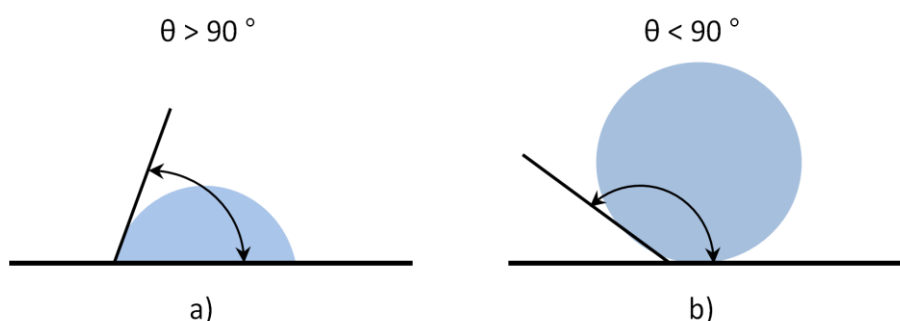
$$\gamma_p = \gamma_{kp} + \gamma \cos\theta, \quad (3)$$

ze které lze vyjádřit úhel smáčení jako

$$\cos \theta = \frac{\gamma_p - \gamma_{kp}}{\gamma} . \quad (4)$$

### 2.6.3 Hydrofobie a hydrofilie

Pomocí úhlu smáčení  $\theta$ , který byl vysvětlen výše, určujeme, zda je materiál hydrofobní nebo hydrofilní. Hranicí mezi hydrofilním a hydrofobním chováním kapaliny je stav kdy je úhel smáčení roven  $90^\circ$ . Tedy, pokud je  $\theta > 90^\circ$  považujeme materiál za hydrofobní a povrch látky není v tomto případě schopen smočit se s měřenou kapalinou. Naopak je-li  $\theta < 90^\circ$  nazýváme pevnou látku hydrofilní. Poslední možností může být nulový úhel smáčení. Při splnění této podmínky se jedná o tzv. dokonalé smáčení [18].



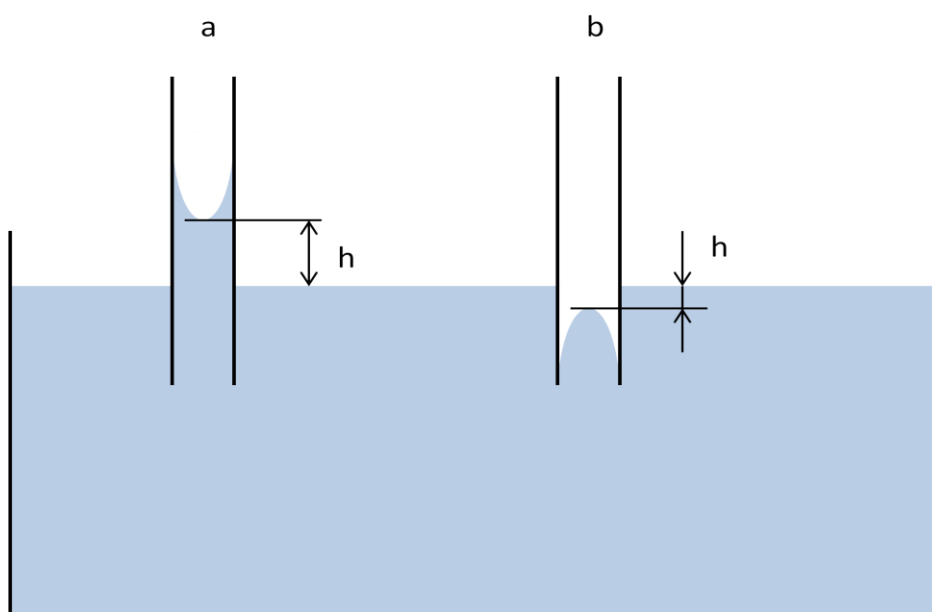
*Obr. 11 Hydrofilní a hydrofobní chování kapaliny a) smáčivý povrch (hydrofilní)  
b) nescháčivý povrch (hydrofobní)*

### 2.6.4 Kapilarita

Kapilarita je souhrnný název pro pojmy, jako jsou kapilární elevace a deprese. Kapilární elevace a deprese souvisí se zakřivením povrchu kapaliny.

Při ponoření úzké trubice do kapaliny dojde k tzv. zakřivení hladiny. Přitom bude docházet k tvorbě menisku. Tento meniskus může být buď vydutý (konkávní) nebo vypouklý (konvexní). Při zvýšení hladiny kapaliny v trubici (kapiláře) a smožení stěn kapiláry, nazýváme tento jev kapilární elevací viz. *Obr. 12a*. Ke stoupání hladiny v kapiláře bude docházet tak dlouho, dokud nedojde k vyrovnání kapilárního tlaku s hydrostatickým tlakem. Druhým jevem je kapilární deprese. V tomto případě hladina

v kapiláře klesá vůči hladině v nádobě a rovněž nedochází ke smočení stěn kapiláry viz. *Obr. 12b* [16].



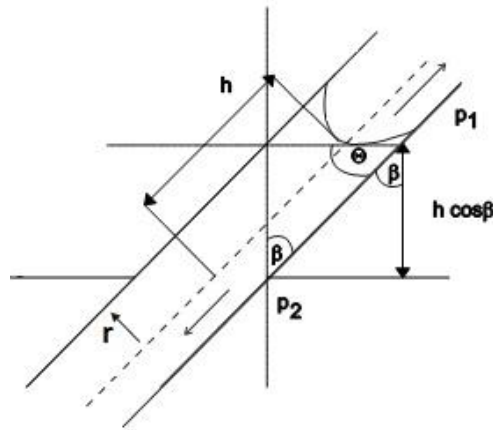
*Obr. 12 a) Kapilární elevace a b) kapilární deprese.*

### 2.6.5 Lucasův – Washburnův vztah – dynamika průniku kapalin do kruhové kapiláry

Lucasův- Washburnův vztah popisuje vztlínání kapaliny do vlákenné vrstvy. Vztah je popsán pomocí kapiláry, ve které dochází pomocí povrchového napětí k transportu kapaliny do struktury materiálu. Experimentální výsledky potvrzují, že tento model vykazuje výsledky srovnatelné s chováním textilií při transportu kapalin. Model je vyobrazen na *Obr. 13* [15].

Lucasův – Washburnův vztah odvodíme ze vztahů pro objem  $V$  newtonovské viskózní kapaliny o viskozitě  $\mu$ , který proteče za čas  $t$  trubicí o poloměru  $r$  a délce  $h$ . Mezi jejímiž konci je rozdíl tlaků  $(p_1-p_2)$ . Tok  $dV /dt$  trubicí je určen vztahem, označovaným jako Hagenův - Poisseuilleův

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi(p_1-p_2)r^4}{8h\mu}. \quad (5)$$



Obr. 13: Kapilára vnořená do kapaliny a s vytvořeným meniskem

Díky zakřivenému povrchu kapaliny s povrchovým napětím  $\gamma$  vzniká v kapiláře tlak  $p_1$ . Při svírání úhlu  $\theta$  kapalinou a stěnou kapiláry je tlak  $p_1$  roven

$$p_1 = \frac{2\pi r \gamma \cos \theta}{\pi r^2} = \frac{2\gamma \cos \theta}{r}. \quad (6)$$

Dalším tlakem vyskytujícím se v Hagen – Poisseuilleově zákoně je tlak  $p_2$ . Tento tlak je v kapiláře ve výšce odpovídající okolní hladině kapaliny. Tímto tlakem je hydrostatický tlak

$$p_2 = \rho g h \cos \beta. \quad (7)$$

Poslední neznámou v zákoně je objem  $V$ . Tento objem je objemem kapaliny v kapiláře, který je nad hladinou okolní kapaliny. Lze vyjádřit vztahem

$$V = \pi r^2 h. \quad (8)$$

Po vyjádření všech neznámých lze vztahy dosadit do Lucasůva – Washburnova vztahu a dostaneme

$$\frac{\pi r^2 dh}{dt} = \frac{\pi r^4}{8\mu h} \left( \frac{2\gamma \cos \theta}{r} - \rho g h \cos \beta \right). \quad (9)$$

Odhadem veličiny  $dh/dt$  vyjádřené z rovnice 9, dostaneme rychlost tekutiny

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma \cos \theta}{4\mu h} - \frac{r^2 \rho g \cos \beta}{8\mu}. \quad (10)$$

Aby kapalinový meniskus zachoval tvar kulového vrchlíku neporušeného gravitací, se předpokládá, že kapilára je dostatečně malá. Tohoto je ve většině případů dosaženo podmínkou

$$r \leq 0,1\sqrt{(\gamma/\rho g)}. \quad (11)$$

Za předpokladu velice malého poloměru zanedbáme druhý člen pravé strany rovnice 11 a poté dostáváme výslednou rovnici

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma \cos \theta}{4\mu h}. \quad (12)$$

## 2.7 Transport tekutin v pórovitém materiálu

### 2.7.1 Pórovitý materiál

U textilních výrobků se v objemu textilie nacházejí dvě fáze. Jedna je pevná - tu zastupuje vláknenný či pojivý materiál. Druhou fází vyskytující se ve výrobku je plynná fáze. Prostory v plynné fázi se nazývají póry. Jestliže je materiál pórovitý, může docházet ke dvěma reakcím s vodou. Pokud materiál s vodou tzv. nereaguje, nazýváme ho inertním, naopak pokud reaguje, označujeme ho neinertním [20].

Samotné póry lze rozdělit podle velikosti do těchto skupin:

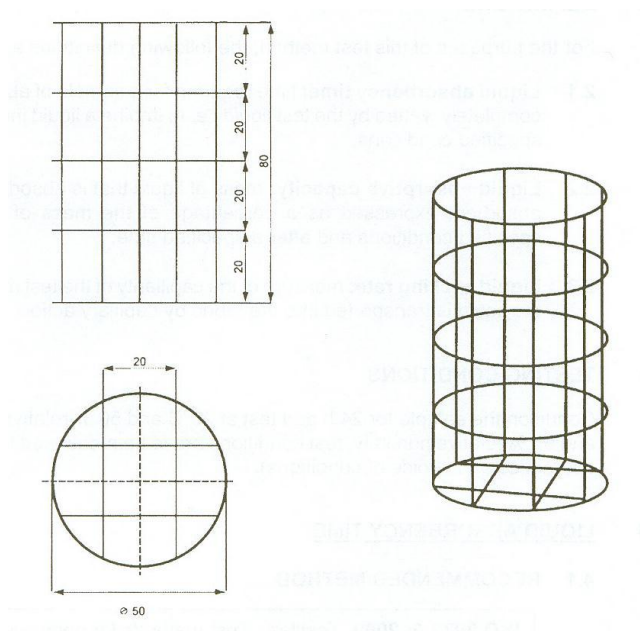
- **Submikronové póry:** tyto póry jsou velice malé. Z důvodu velikosti částic molekuly vody, nemohou obsahovat částice tekutiny. V tomto případě nedochází ke konvenci a nelze aplikovat zákony mechaniky tekutin.
- **Kapilární póry:** v těchto pórech se vyskytují dvě nemísitelné tekutiny, které jsou odděleny rozhraním. Silami působícími na toto rozhraní se vytvářejí různé tvary menisku. Tvar menisku také ovlivňuje tvar póru. Při proudění zde dochází k laminárnímu proudění.
- **Makropóry:** tyto póry nabývají takových rozměrů, že zde nedochází ke tvorbě kapilárních sil a při proudění kapalin dochází až k turbulentnímu proudění.

## 2.8 Normované měření absorpce netkaných textilií

### 2.8.1 Zkušební metoda STANDARD TEST: WSP 010.1.R3 (12)

Tato norma určuje podmínky testování schopnosti absorpce netkaných textilií.

Pro testování je potřebný košíček vyrobený z nerezového drátu s tloušťkou 0,5 mm. Rozměry jsou tyto: průměr  $(50 \pm 1)$  mm a výška  $(80 \pm 1)$  mm. Košíček by měl mít čtvercové otvory o velikosti 20 mm x 20 mm. Dodržáním těchto podmínek, by měl mít košíček hmotnost  $(3 \pm 0,1)$  g. Aby byla zaručena pevnost košíčku, jsou podmínkou pájené spoje. Košíček lze vidět pod textem na *Obr. 14* [21].



*Obr. 14 Košíček pro testování absorpce (rozměr v mm) [11].*

Postup provedení testu:

jako první jsou vytvořeny testovací vzorky s rozměry  $(100 \pm 1)$  mm x  $(100 \pm 1)$  mm. Po nastříhání je nutné vzorky zvážit. Podmínkou testování je minimální hmotnost jednoho vzorku větší než 1 g. Pokud tomu tak není, do testovacího košíčku se vkládají dva vzorky položené na sebe. Dalším krokem je vložení košíčku s testovaným vzorkem do kapaliny. Košíček je spuštěn z výšky 25 mm od hladiny kapaliny. Po spuštění je měřen čas do úplného smočení vzorku.

Tento způsob testování určuje množství kapaliny uložené v testovaném vzorku po dobu ponoření a také po stanovenou dobu odtoku kapaliny. Doba odtoku kapaliny je

velmi krátká. Je tomu tak z důvodu rychlého odpařování u těkavých kapalin. Při použití pro testování těkavých kapalin je vhodné zjistit přibližné ztráty při odpařování [21].

### **2.8.2 Stanovení absorpce pod tlakem EDANA ERT 442.2 (02)/IST 242.2(02)**

Zkouška měří schopnost superabsorbentu absorbovat 0,9% NaCl (fyziologický roztok). Superabsorpční materiál je zvážen a poté rozložen na dno plastového válce s vnitřním průměrem 25,4 mm. Válec má jako dno síťovanou tkaninu. Pro požadovaný tlak je na superabsorpční materiál umístěno závaží. Po vložení plastového válce do roztoku nasává vzorek po dobu jedné hodiny tekutinu. Po uplynutí času je válec vyjmut a opět zvážen - pro zjištění množství tekutiny, kterou dokázal superabsorbent pojmout.

Dalšími normami, které navazují na výše jmenovanou, jsou uvedeny pod textem. Z důvodu nepřístupnosti popisu následujících norem zabývajících se testováním superabsorbčních materiálů, jsou zde uvedeny alespoň jejich EDANA názvy:

- ERT 400.2 (02)/IST 200.1(02)
- ERT 410.2 (02)/IST 210.2(02)
- ERT 420.2 (02)/IST 220.0(02)
- ERT 430.2 (02)/IST 230.0(02)
- ERT 440.2 (02)/IST 240.2(02)
- ERT 441.2 (02)/IST 241.2(02)



### 3. Experimentální část

V experimentální části je řešena problematika schopnosti zpracování superabsorbčních vláken konvenčními způsoby. Dále bylo zjišťováno chování vyrobených materiálů, které disponovaly různým obsahem superabsorbčních vláken a také měly různé plošné hmotnosti. Byla též měřena sorpce samotných SAP vláken. V následné části je popsán návrh a zhotovení zařízení pro měření sorpce vytvořených vzorků a vypracována metodika měření. V závěru se nacházejí výsledky, které jsou diskutovány. Celý experiment probíhal na Katedře netkaných textilií na Technické univerzitě v Liberci.

#### 3.1 Použité materiály

##### 3.1.1 Superabsorbční vlákna

Pro aplikaci byla zvolena vlákna od firmy *Technical Absorbents* typu *SAF<sup>TM</sup> 102/52/10*. Jedná se o vlákna se staplovou délkou 52 mm, s jemností 10 dtex. Číslo 102 označuje typ vlákna, které vykazuje absorpci 47g fyziologického roztoku na jeden gram vláken. Tento typ vláken je určen pro zpracování mykacím strojem. Nabízí dobrou rovnováhu mezi kvalitou gelu a absorpčními vlastnostmi, zejména při zatížení a je ideální pro mnoho aplikací. Tato vlákna byla zakoupena od firmy *Technical Absorbents (TAL)*.

##### 3.1.2 Bikomponentní vlákna Polyester Copolyester (COPPEs)

Pro dobré propojení vlákenné vrstvy byla zvolena bikomponentní vlákna od firmy *HUVIS* skládající se z kopolyesteru a polyesteru. Jemnost vláken je 2,2 dtex a 45 mm staplová délka.

##### 3.1.3 Polyesterová vlákna

Pro zlepšení vlastností a chování vyrobené netkané textilie byla do vzorků přidána polyesterová vlákna s jemností 3,3 dtex a staplovou délkou 50 mm.

## 3.2 Ověření funkce SAP vláken

Jelikož hodnota schopnosti sorpce vybraných SAP vláken byla uvedena v jejich specifikaci, nebylo třeba tento pokus nutné provádět. K testu bylo přistoupeno z důvodu seznámení se s tímto materiálem a pro získání povědomí o praktickém chování těchto vláken. Testování nebylo prováděno podle norem, ale jednoduchým vymyšleným a zejména časově nenáročným testem.

### 3.2.1 Postup testování

Jako první bylo naváženo několik vláken o přesné hmotnosti 0,250 g. Dále byla vybrána Petriho miska, do které bylo umístěno jemné sítko. Po této přípravě se do misky nalilo dostatečné množství vody tak, aby vlákna nasorbovala do svého objemu co největší možný objem vody. Do vody byla, po dobu jedné minuty, vhozena navážená vlákna. Po uplynutí času bylo sítko, společně s vlákny vyjmuto z misky. Následně bylo umístěno na filtrační papír po dobu 30 sekund pro odsátí přebytečné vody. Po odsátí bylo provedeno vážení a odečtení hmotnosti sítko. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v *Tab.1* pod textem.

*Tab. 1 Výsledky měření sorpce zakoupených SAP vláken.*

měření	hmotnost vláken [g]	hmotnost po sorpci [g]
1	0,25	14,08
2	0,25	12,245
3	0,25	13,864
4	0,25	12,573
5	0,25	13,52
průměr		13,256
směrodat.odch.		0,807
<b>sorpce vody [g] na 1 g SAP vláken</b>		
<b>52,0256</b>		

Z výsledků uvedených v tabulce je patrné, že jeden gram superabsorbčního vlákna dokáže pohltil 52 g vody. Tento údaj se téměř shoduje se sorpcí uváděnou výrobcem. Výrobce udává 47 g pro fyziologický roztok. Použití fyziologického roztoku může vysvětlovat malý rozdíl v naměřené hodnotě. Přestože byl pokus prováděn bez jakékoliv normy, bylo téměř dosaženo výsledku udávaného výrobcem.

### 3.3 Výroba materiálu

Pro výrobu vzorků byl použit válcový mykací stroj. Bylo vyrobeno několik vzorků se stejnou celkovou navázkou 80 g. Vzorky se lišily v poměrech použitých materiálů. Nejprve byly vytvořeny vzorky obsahující superabsorbční vlákna a bikomponentní vlákna COPPES (BIKO). V průběhu práce byly, na základě poznatků z měření, vyrobeny vzorky s obsahem superabsorbčních vláken, bikomponentních vláken a polyesterových vláken. Typy vzorků a poměrů jsou uvedeny níže v tabulce.

Po navážení byl materiál umístěn do mykacího stroje. Pro dobré ojednocení vláken byly zvoleny dva průchody strojem. Vytvořené rouno bylo sejmuto z válce a nastříháno na stejné čtverce. Po nastříhání došlo k navrstvení materiálu. Byly vytvořeny vzorky o jedné, dvou a třech vrstvách. Bylo tak rozhodnuto pro zjištění chování sorpce u různých plošných hmotností. Dalším krokem výroby bylo lisování za tepla. Lisování probíhalo za teploty 130 °C po dobu 15 sekund. Lisování se provádělo na stanovenou tloušťku vzorku 3 mm. Po vyjmutí z lisu došlo ke chlazení při pokojové teplotě. V poslední řadě byly ze získaného materiálu vytvořeny vzorky v podobě koleček o průměru 30 mm. V tabulce pod textem jsou uvedené všechny vyráběné materiály.

*Tab. 2 Typy vzorků vyráběné v průběhu experimentu.*

1. série	2. série	3. série
30% SAP + 70% BIKO	50% SAP 50% BIKO	50% SAP + 25% BIKO + 25% PES
50% SAP + 50% BIKO	70% SAP 30% BIKO	70% SAP + 15% BIKO + 15% PES
70% SAP + 30% BIKO	80% SAP 20% BIKO	-

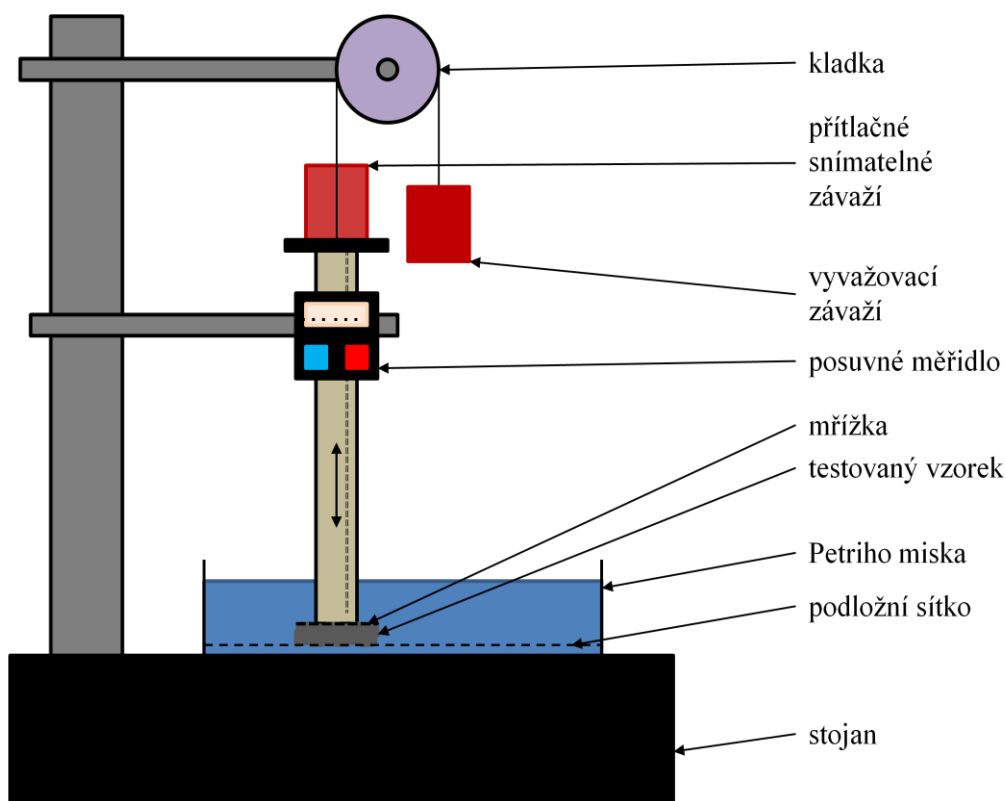
### 3.4 Návrh a zhotovení zařízení pro měření sorpce

Před vývojem zařízení bylo nutné stanovit parametry, které budou měřeny. Jedním z hlavních parametrů byla určena dynamika vztlínání vody do textilie. Tato skutečnost vedla k faktu, že měření bude muset být natáčeno. Ze snímků bude muset být možno odečíst výšku vzorku v různých časech.

Základem vyvinutého laboratorního zařízení je masivní stojan, který zajišťuje stabilitu. Na stojan bylo připevněno, z důvodu lepšího odečítání velikosti z pořízených videí, posuvné měřítko s digitálním ukazatelem. Dále se pod posuvné měřítko umístila

hluboká Petriho miska. Do ní se umisťoval testovaný vzorek s vodou. Jelikož se ukázalo, že posuvné měřítko klade větší odpor, než dokáže vzorek vyvinout svým vzlínáním, bylo třeba přes kladku a za pomoci vyvažovacího závaží, posuvné měřítko vyvážit tak, aby síla potřebná k vytlačení měřidla, byla prakticky nulová. Dalším úskalím bylo zajištění stejného rovnoměrného tlaku konce měřidla na testovaný vzorek. Byla vyrobena mřížka o stejném průměru, jako byly vystřižené vzorky. Tato mřížka se vždy pokládala mezi testovaný vzorek a konec měřidla. Dále nastal problém s opakovatelností zkoušek tak, aby byl zajištěn stejný tlak na testovaný vzorek. Z tohoto důvodu se na konec měřidla umístilo snímatelné závaží o hmotnosti 438,57 g.

Po provedení první série zkoušek, která je vyhodnocena níže, bylo zapotřebí zajistit lepší transport vody ke vzorku. Jelikož vzorek byl umisťován přímo na dno Petriho misky, nedocházelo k průniku vody do vzorku z celého povrchu a vzorky v některých případech vykazovaly suchá místa. To vedlo k neúplnému využití potenciálu sorpce daného vzorku. Z tohoto důvodu byla na dno umístěna velice jemná kovová mřížka, která tento nedostatek velice zdárně odstranila. Vyvinuté zařízení konečné podoby lze vidět na schéma *Obr. 15*. Skutečná podoba zařízení je k vidění na *Obr. 16*.



*Obr. 15 Testovací zařízení*



*Obr. 16 Reálné laboratorní testovací zařízení*

### 3.5 Metodika měření

Pro správnou opakovatelnost měřených zkoušek a následné relevantní vyhodnocení bylo nejprve třeba vytvořit metodiku měření.

Jako první bylo třeba vybrat vzorky pro testování. Vzorky byly vybírány náhodně z dané série. Po vybrání pěti kusů, byly vzorky zváženy na vahách s přesností 0,01 g. Po přistoupení k samotnému měření se vzorek umístí do zařízení na podložní sítko, které je v Petriho misce. Na umístěný vzorek se umístí mřížka, která by měla být co nejpřesněji vystředěna se vzorkem. Dalším krokem je přisunutí měřidla ke vzorku a umístění přitlačného snímacího závaží. Po stlačení je závaží sejmuto ze zařízení a posuvné měřidlo vynulováno do základní pozice. Po provedené proceduře lze provést samotné měření. Zahájením experimentu je spuštění kamery, která sleduje display posuvného měřidla. Po spuštění kamery následuje opatrné nalití kapaliny do Petriho misky. Aby nedocházelo k ovlivnění měření, kapalina by měla být lita mimo testovaný vzorek. Po nalití kapaliny přímo na testovaný vzorek by mohlo dojít

k rychlejší počáteční dynamice vztlínání do vzorku. Objem vody se do nádoby lije vždy takový, aby byl vzorek po celou dobu měření stále ponořen celým objemem. Dalším krokem je ukončení měření. Pokud nedochází déle jak 30 sekund ke změně výšky, přistoupíme k ukončení měření. Tento čas byl určen ze zkušeností při vývojovém měření. Po ukončení měření je zapsána maximální výška a ukončen také kamerový záznam. Poté lze vzorek vyjmout. Aby bylo možné provést další měření, je potřebné dokonalé vysušení Petriho misky a všech sítok. Je rovněž je zapotřebí otřít posuvné měřidlo, protože na něm ulpívá kapalina.

### **3.6 Vyhodnocení měření**

Následujícím krokem po naměření je vyhodnocení naměřených hodnot. Pokud je cílem zjištění jen maximální hodnoty, na kterou dokázal daný vzorek vystoupat, lze se obejít i bez kamerových záznamů a hodnotu lze zapisovat při měření. Jelikož naším cílem bylo zjištění také dynamiky vztlínání, bylo nutný kamerový záznam. Prvním krokem pro vyhodnocení experimentu je stažení video snímků a jejich analýza. Rovněž je důležité si stanovit časový rozestup, v kterém budeme zapisovat výšky materiálu. V tomto případě byl zvolen časový rozestup 10 sekund. Menší časové rozestupy vedou k přesnějšímu zjištění chování materiálu, ale současně razantně roste časová náročnost experimentu. Po zaznamenání údajů je možné přistoupit k jejich zpracování a vyhodnocení. Je také možné dopočítat objem vody, který vzorek nasorboval. K tomu je nutné znát nejen konečnou výšku vzorku, ale rovněž počáteční tloušťku vzorku.

### **3.7 Měření**

U vyhodnocování naměřených hodnot byla také vytvořena statistika a zkonstruovány grafy. Jelikož nebyl u všech měřených vzorků stejný konečný čas, byla pro tvorbu grafu stanovena podmínka, aby v daném čase byly obsaženy minimálně tři hodnoty výšky  $h$ . Tato podmínka byla takto určena, aby vytvářená statistika nebyla ovlivněna malým počtem hodnot.

U testovaných materiálů nebylo provedeno normované měření tloušťky. Hodnoty a grafy ukazují, o jakou hodnotu byl materiál schopen nabýt na objemu do výšky, nikoliv jakou výšku měl celkově vzorek po testu. Pro představu - u všech vzorků o jedné vrstvě se tloušťka pohybovala okolo 3 mm. U vzorků se dvěma vrstvami byla tloušťka 4 mm a u vzorků se třemi vrstvami byla tloušťka 5 mm. Tyto tloušťky

byly měřeny na testovacím zařízení po provedeném přitlačení a následném odlehčení. Tloušťka materiálu zde nebyla stěžejním problémem a pro menší časovou náročnost nebyla prováděna normovaná měření, jak již bylo uvedeno.

V níže uvedených kapitolách pro jednotlivé série jsou uvedeny pouze tabulky s dynamikou vztlínání a tabulky s průměrnou plošnou hmotností s průměrným maximálním přírůstkem výšky a s průměrným časem, za jaký byla výška docílena. Kompletní data pro jednotlivá měření jsou umístěna v příloze. Zde pod textem jsou pro představu o chování vyrobených materiálů zobrazeny náhodně vybrané vzorky před sorpcí a po sorpci.



*Obr. 17 Náhodně vybrané vzorky zobrazené před sorpcí*



*Obr. 17 Náhodně vybrané vzorky zobrazené po sorpci*

### 3.8 1. série vzorků

Tato série vzorků sloužila k odhalení chyb v měřicím zařízení a také chyb v postupu měření. Poprvé byl experiment po naměření hodnot níže vyhodnocován i s příslušnými grafy, které mohli ukázat chyby jak ve výrobě, tak v měření. Dosud se vycházelo jen z pokusných měření.

#### 3.8.1 1 vrstva 30% SAP + 70% BIKO

*Tab. 3 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

30% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
130,13	2,054	54

*Tab. 4 Tabulka s měřenou dynamikou vztlínání a provedou statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směrodat. odch.
10	1,72	1,13	0,91	1,32	0,93	1,202	0,334
20	2,19	1,68	1,42	1,78	1,41	1,696	0,320
30	2,36	1,85	1,66	1,97	1,6	1,888	0,302
40	2,42	1,93	1,85	2,06	1,69	1,990	0,275
50	2,43	1,97	1,92	2,09	1,72	2,026	0,262
60			2		1,74	1,870	0,184
70			2,02		1,76	1,890	0,184

#### 3.8.2 2 vrstvy 30% SAP + 70% BIKO

*Tab. 5 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

30% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
263,08	2,142	48



*Tab. 6 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

<b>2 vrstvy</b>	<b>naměřené výšky v čase t</b>					<b>statistika</b>	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	1,42	1,31	1,59	1,31	1,18	1,362	0,153
20	1,92	1,72	2,12	1,8	1,67	1,846	0,180
30	2,17	1,9	2,35	2	1,8	2,044	0,219
40	2,25	1,98	2,44	2,07	1,83	2,114	0,237
50	2,28	2,02	2,46	2,09		2,213	0,198

### 3.8.3 3 vrstvy 30% SAP + 70% BIKO

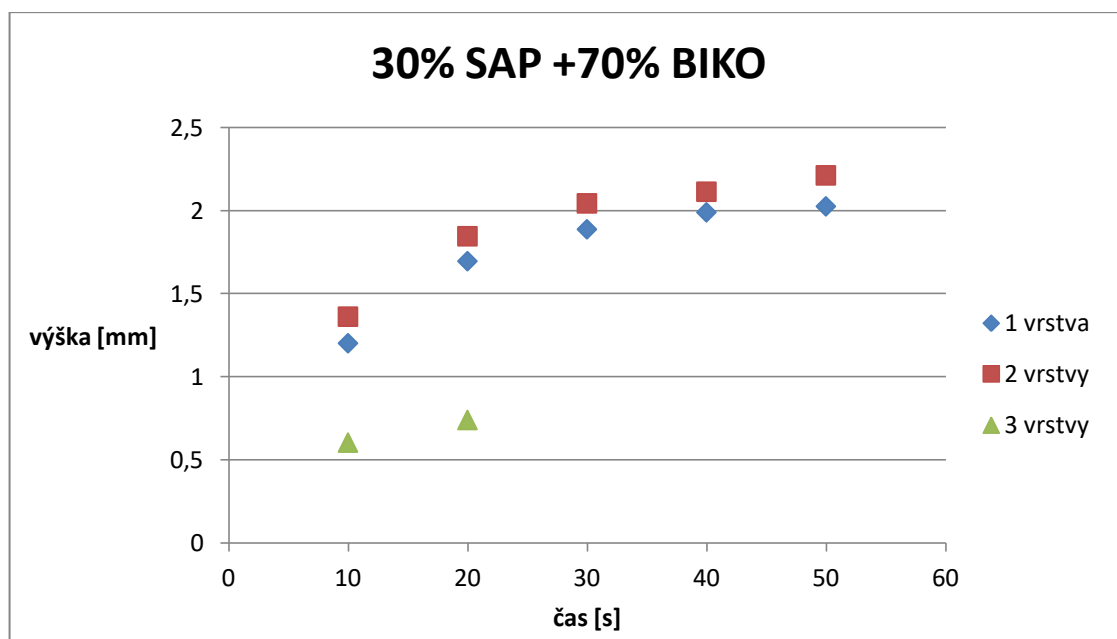
*Tab. 7 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

30% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
455,45	0,762	25

*Tab. 8 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

<b>3 vrstvy</b>	<b>naměřené výšky v čase t</b>					<b>statistika</b>	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	0,65	0,67	0,33	0,82	0,55	0,604	0,181
20	0,82	0,85	0,44	0,95	0,64	0,740	0,202
30		0,9				0,90	

### 3.8.4 Vyhodnocení vzorků s 30% SAP + 70% BIKO



Graf 1. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 30% SAP + 70% BIKO.

Po nahlédnutí do tabulek s průměrnou maximální vystoupanou výškou, je patrné, že zvyšující se plošná hmotnost nemá vliv na zvyšující se sorpci. Mezi vzorky s jednou a dvěma vrstvami není výrazný rozdíl, oproti nim vzorek se třemi vrstvami výrazně zaostává ve schopnosti sorbovat. Tento fakt vyplývá z grafu s vyhodnocenou dynamikou sorpce. Příčinou malé sorpce všech vzorků je s nevyšší pravděpodobností malý obsah SAP vláken a vysoký obsah bikomponentních vláken. S vysokým obsahem bikomponentních vláken roste počet pojivých míst, vrstva je vysoce propojena a není umožněno pronikání vody do struktury. Vysvětlením proč nejhůře dopadl vzorek o třech vrstvách je to, že všechny vzorky byly lisovány na stejnou tloušťku, a tudíž tento materiál byl vysoce nahuštěn.

### 3.8.5 1 vrstva 50% SAP + 50% BIKO

Tab. 9 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

50% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
130,13	3,476	79

*Tab. 10 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

<b>1 vrstva</b>	<b>naměřené výšky v čase t</b>					<b>statistika</b>	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,05	1,13	1,34	1,36	1,52	1,280	0,189
20	2	1,97	2,36	2,47	2,52	2,264	0,261
30	2,51	2,4	2,93	2,93	3,06	2,766	0,291
40	2,95	2,7	3,24	3,27	3,35	3,102	0,271
50	3,12	2,85	3,39	3,42	3,5	3,256	0,268
60	3,27	2,95	3,46	3,48	3,63	3,358	0,261
70	3,37	3,03	3,55	3,51	3,68	3,428	0,248
80	3,44	3,1				3,270	
90		3,14				3,140	

### 3.8.6 2 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO

*Tab. 11 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

<b>50% SAP 2 vrstvy</b>		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
212,16	4,104	69

*Tab. 12 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

<b>2 vrstvy</b>	<b>naměřené výšky v čase t</b>					<b>statistika</b>	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,8	1,71	1,84	2,13	1,2	1,736	0,338
20	2,89	2,18	2,97	3,15	2,02	2,642	0,507
30	3,44	3,42	3,72	3,84	2,54	3,392	0,509
40	3,78	3,74	4,12	4,07	2,94	3,730	0,473
50	3,93	4	4,31	4,28	3,15	3,934	0,469
60	3,98	4,14	4,45	4,42	3,26	4,050	0,483
70		4,19	4,52	4,47	3,3	4,120	0,566
80			4,57			4,570	

### 3.8.7 3 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO

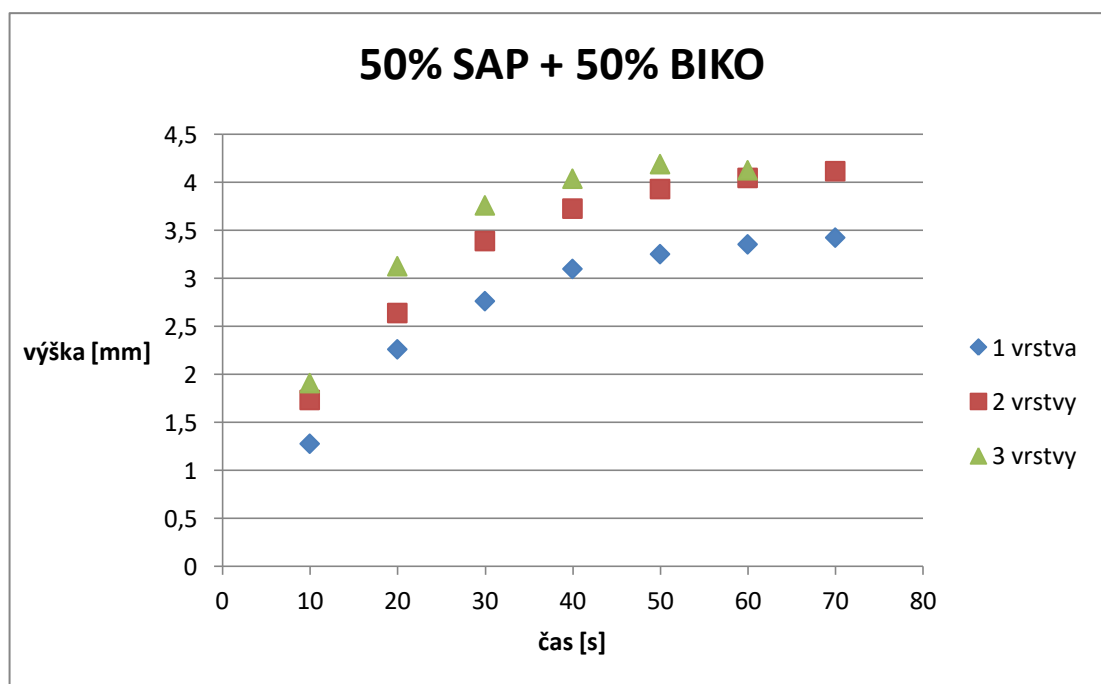
Tab. 13 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

50% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
373,41	4,266	62

Tab. 14 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	1,92	2,28	1,51	2,32	1,53	1,912	0,390
20	2,97	3,7	2,66	3,53	2,79	3,130	0,460
30	3,64	4,39	3,27	4,12	3,4	3,764	0,477
40	3,89	4,64	3,55	4,34	3,79	4,042	0,440
50	4,05	4,74	3,73	4,45	4	4,194	0,399
60	4,13		3,81	4,49	4,09	4,130	0,279

### 3.8.8 Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 50% BIKO



Graf 2. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 50% SAP + 50% BIKO.

U vzorků s procentuálním zastoupením 50% SAP vláken a 50% bikomponentních vláken došlo, dle předpokladu, k výraznému zlepšení sorpce oproti vzorkům s 30% SAP vláken. Tato skutečnost je s největší pravděpodobností zapříčiněna snížením počtu pojivých míst ve struktuře. Proto došlo k otevření struktury. Z grafu pro dynamiku sorpce je patrné, že s přibývajícím plošnou hmotností se zvyšuje také rychlost sorpce. Minimální rozdíly se nacházejí mezi dvěma a třemi vrstvami. Pro výrobu materiálů použitelných do praxe by bylo, z hlediska nákladů na výrobu, efektivnější použití dvou vrstev, které jsou schopny pohltit stejné množství kapaliny se stejnou rychlostí jako vrstvy tři.

### 3.8.9 1 vrstva 70% SAP + 30% BIKO

*Tab. 15 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

70% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
113,15	4,872	82

*Tab. 16 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směrodat. odch.
10	1,12	1,23	1,04	1,03	1,11	1,106	0,080
20	2,38	2,35	2,2	2,27	2,27	2,294	0,072
30	3,31	3,1	2,99	3,22	2,89	3,102	0,169
40	4,07	3,75	3,7	3,89	3,66	3,814	0,167
50	4,68	4,13	4,11	4,49	4,04	4,290	0,280
60	4,49	4,35	4,4	4,72	4,44	4,480	0,144
70	5,01	4,49	4,61	4,99	4,78	4,776	0,229
80			4,7	5,05	4,84	4,863	0,176
90			4,78			4,780	

### 3.8.10 2 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO

*Tab. 17 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

70% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
243,28	6,4478	93

*Tab. 18 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	1,83	1,76	1,96	2,05	1,93	1,906	0,113
20	3,35	3,03	3,56	3,7	3,73	3,474	0,290
30	4,4	4,13	4,71	4,75	4,97	4,592	0,329
40	5,05	4,66	5,53	5,38	5,82	5,288	0,448
50	5,45	5,14	6,09	5,82	6,38	5,776	0,494
60	5,71	5,37	6,47	6,02	6,74	6,062	0,555
70	5,89	5,55	6,72	6,25	6,97	6,276	0,582
80	5,98	5,66	6,89	6,33	7,12	6,396	0,610
90		5,75	7,05	6,34	7,19	6,583	0,668

### 3.8.11 3 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO

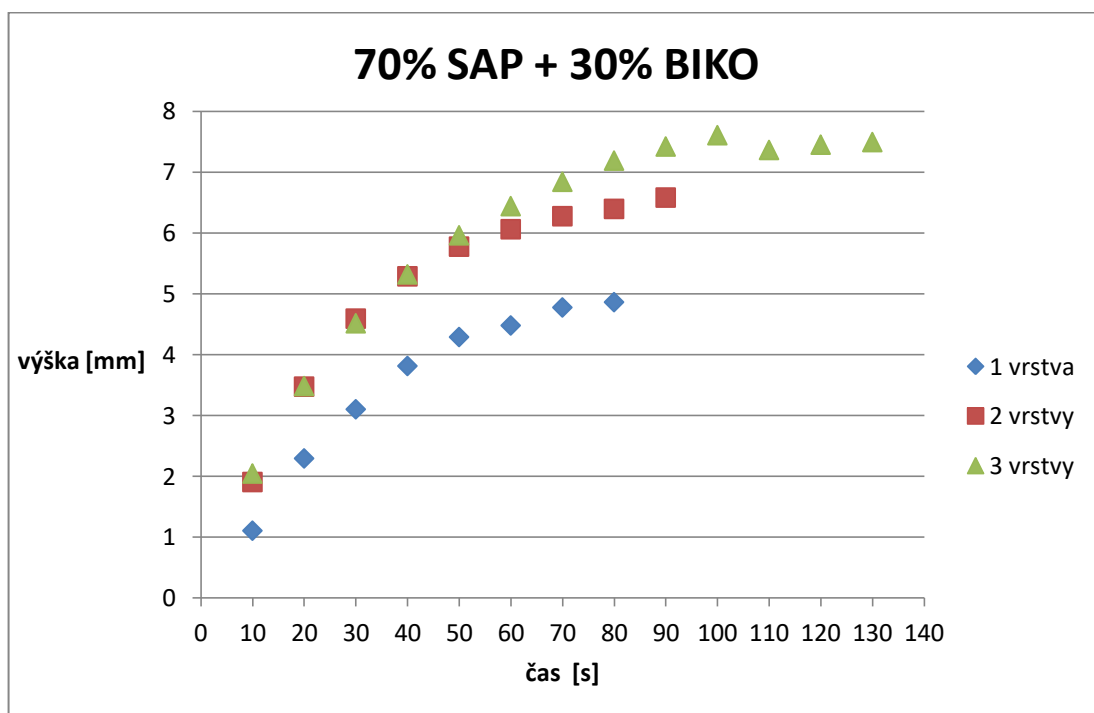
*Tab. 19 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

70% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
446,96	7,846	126

Tab. 20 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	2,74	2,72	1,67	1,4	1,7	2,046	0,635
20	4,55	4,22	3,04	2,79	2,82	3,484	0,836
30	5,85	5,45	4	3,73	3,55	4,516	1,057
40	6,67	6,75	4,74	4,41	4,03	5,320	1,294
50	7,34	7,67	5,36	4,97	4,47	5,962	1,448
60	7,78	8,22	5,9	5,4	4,91	6,442	1,473
70	8,14	8,69	6,37	5,76	5,25	6,842	1,502
80	8,49	8,99	6,79	6,09	5,59	7,190	1,488
90	8,73	9,13	7,05	6,37	5,83	7,422	1,450
100	8,91	9,2	7,3	6,56	6,07	7,608	1,395
110	9,04		7,5	6,71	6,21	7,365	1,237
120	9,1		7,61	6,81	6,29	7,453	1,225
130	9,11		7,67	6,87	6,33	7,495	1,209

### 3.8.12 Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 30% BIKO



Graf 3. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 70% SAP + 30% BIKO.

Vzorky disponující 70% SAP vláken disponují opět vyšší maximální sorpcí. Z grafů je patrné, že v porovnání se vzorky s obsahem 50% SAP vláken, disponují rychlejší dynamikou sorpce. Z uvedeného grafu lze vidět podobnou dynamiku sorpce

u dvou a tří vrstev do jedné minuty, po jedné minutě dochází k navýšení a projevení výhod vrstev tří.

### 3.9 2. série vzorků

V této sérii měření vzorků bylo přistoupeno k měření s podložní mřížkou pro lepší přístup kapaliny ke vzorku, z důvodu aby měřený vzorek neležel na dně misky jako v první sérii. Z naměřených výsledků uvedených níže nevyplývá zlepšení sorpce materiálu. Výsledky mohou být ovlivněny horším vymykáním SAP vláken a také tím, že ve výsledných vzorcích byla jiná skutečná procentuální zastoupení materiálů. Jelikož podle pohledového vyhodnocení nezůstávala na vzorcích suchá místa po instalaci mřížky, mřížka byla v zařízení ponechána. Bylo zde také upuštěno od výroby vzorků s 30 % obsahem SAP, protože vzorek disponoval malou sorpcí a pro studium v této práci se stal bezvýznamným. Aby byl zjištěn limit možnosti mykání superabsorpčních vláken, bylo rozhodnuto o výrobě vzorků s 80 % SAP.

#### 3.9.1 1 vrstva 50% SAP + 50% BIKO

*Tab. 21 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

50% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
127,3	3,406	84

*Tab. 22 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,15	0,89	0,86	0,98	1,38	1,052	0,215
20	1,9	1,48	1,51	1,77	2,46	1,824	0,397
30	2,83	2,12	2,04	2,32	3,15	2,492	0,479
40	3,32	2,4	2,29	2,82	3,41	2,848	0,513
50	3,64	2,62	2,49	3,13	3,58	3,092	0,530
60	3,75	2,71	2,63	3,26	3,7	3,210	0,529
70	3,82	2,87	2,73	3,36	3,78	3,312	0,503
80	3,89	2,91	2,79	3,42	3,82	3,366	0,506



### 3.9.2 2 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO

Tab. 23 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

50% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
268,74	3,37	64

Tab. 24 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,78	1,34	2,12	1,85	1,04	1,626	0,431
20	2,74	2,21	3,08	2,71	1,77	2,502	0,514
30	3,28	2,53	3,62	3,09	2,13	2,930	0,597
40	3,59	2,76	3,81	3,21	2,35	3,144	0,597
50	3,82	2,91	3,88	3,22	2,47	3,260	0,601
60	3,94	2,98	4,08		2,52	3,380	0,753
70	3,97	2,99			2,56	3,173	0,723

### 3.9.3 3 vrstvy 50% SAP + 50% BIKO

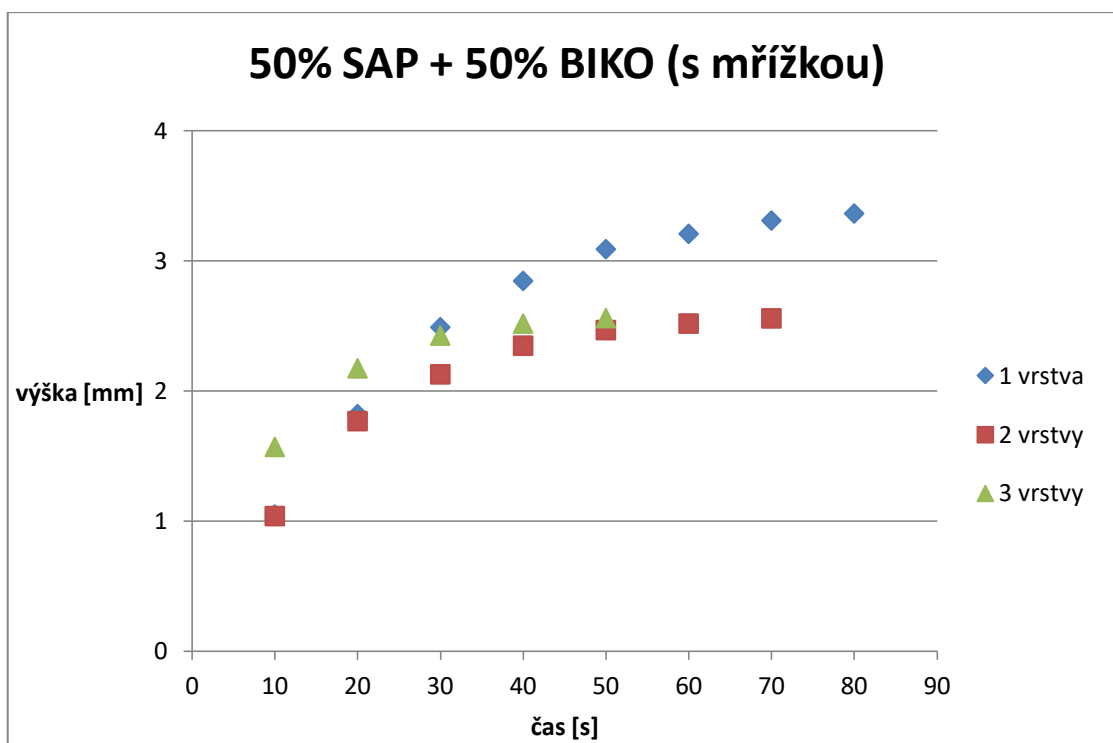
Tab. 25 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

50% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
475,25	2,576	63

Tab. 26 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,66	1,84	1,41	1,62	1,33	1,572	0,204
20	2,26	2,59	2,03	2,14	1,86	2,176	0,274
30	2,56	2,9	2,24	2,37	2,07	2,428	0,319
40	2,67	3,03	2,31	2,46	2,13	2,520	0,347
50	2,75	3,08	2,33	2,51	2,14	2,562	0,367
60	2,76				2,16	2,460	0,424

### 3.9.4 Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 50% BIKO s mřížkou



Graf 4. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 50% SAP + 50% BIKO, testovaného poprvé s mřížkou.

Při pohledu na vytvořený graf lze vidět velice podobnou dynamiku sorpce do čtyřicáté sekundy u všech plošných hmotností, respektive u všech počtů vrstev. Podle naměřených maximálních hodnot výšky vykazuje nejvyšší absorpci materiál s nejmenší plošnou hmotností. Tento fakt může být zapříčiněn vysokou hustotou pojivých míst ve struktuře, která je u vyšší plošné hmotnosti.

### 3.9.5 1 vrstva 70% SAP + 30% BIKO

Tab. 27 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

70% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
99,01	4,954	77

*Tab. 28 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	1,69	0,85	1,04	0,93	1,44	1,190	0,360
20	3,27	2,02	2,61	2,49	2,96	2,670	0,475
30	4,41	3,01	3,72	3,55	4,07	3,752	0,531
40	4,98	3,45	4,19	4,32	4,73	4,334	0,587
50	5,2	3,71	4,62	4,77	5,1	4,680	0,591
60	5,26	3,91	4,72	5	5,33	4,844	0,575
70		3,97		5,18	5,44	4,863	0,784
80				5,24	5,53	5,385	0,205

### 3.9.6 2 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO

*Tab. 29 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

70% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
248,94	6,4	88

*Tab. 30 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	2,21	1,59	1,31	1,46	1,4	1,594	0,359
20	4,04	3,42	2,76	3,2	3,3	3,344	0,462
30	5,08	4,44	3,81	4,22	4,65	4,440	0,474
40	5,84	5,17	4,64	4,93	5,46	5,208	0,465
50	6,49	5,61	5,1	5,4	6,09	5,738	0,554
60	6,79	5,84	5,46	5,79	6,47	6,070	0,544
70	6,92	6,03	5,6	5,98	6,6	6,226	0,527
80	7,02	6,22	5,66	6,12	6,63	6,330	0,517
90	7,05	6,3	5,73	6,22		6,325	0,545

### 3.9.7 3 vrstvy 70% SAP + 30% BIKO

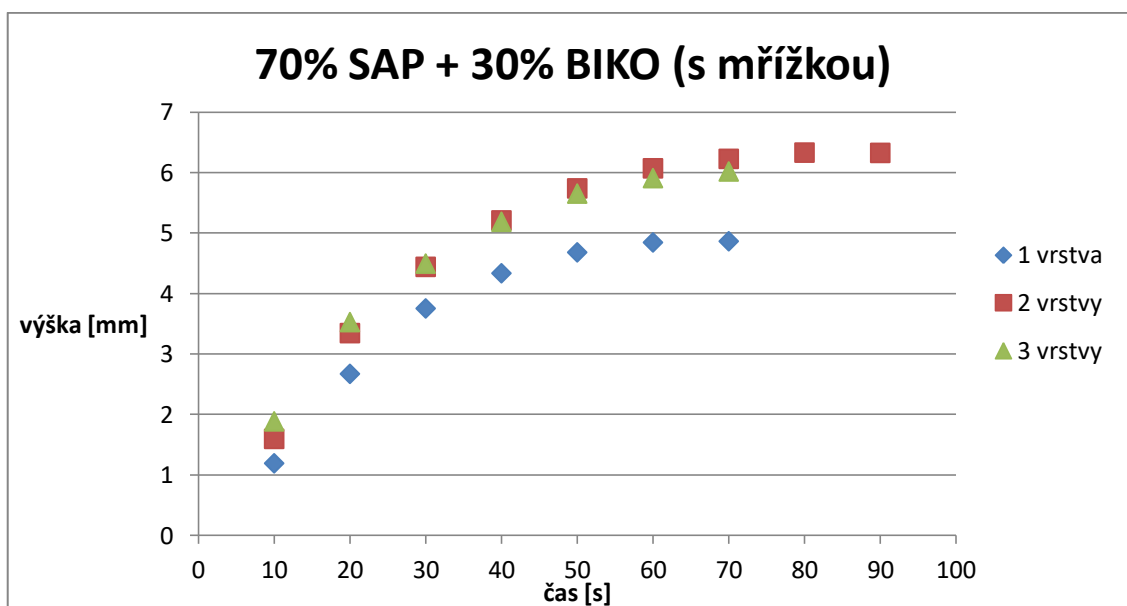
Tab. 31 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

70% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
353,61	6,058	72

Tab. 32 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	1,64	2,18	1,99	1,97	1,64	1,884	0,237
20	3,35	3,88	3,68	3,27	3,45	3,526	0,251
30	4,37	4,76	4,62	4,3	4,42	4,494	0,190
40	5,04	5,57	5,51	4,86	4,95	5,186	0,330
50	5,47	5,91	5,99	5,24	5,65	5,652	0,310
60	5,71	6,12	6,24	5,5	5,97	5,908	0,302
70	5,85	6,16	6,33	5,68	6,07	6,018	0,256
80	5,91			5,76		5,835	0,106

### 3.9.8 Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 30% BIKO s mřížkou



Graf 5. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 70% SAP + 30% BIKO, testovaného poprvé s mřížkou.

U vzorků s obsahem 70% SAP lze vidět opačné chování oproti předchozím vzorkům s 50% SAP. Zde jsou opět výsledky pro 2 a 3 vrstvy velice podobné, ale vzorky s nejnižší plošnou hmotností naopak nasorbovaly nejmenší množství vody. Z těchto výsledků by bylo možné usoudit, že použití plošné hmotnosti  $250 \text{ g/m}^2$  je cenově efektivnější než použití  $350 \text{ g/m}^2$  plošné hmotnosti. Vzorky vykazují velice podobnou maximální výšku a také téměř identickou dynamiku.

### 3.9.9 1 vrstva 80% SAP + 20% BIKO

*Tab. 33 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

80% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [ $\text{g/m}^2$ ]	max. výška [mm]	čas [s]
93,35	5,11	60

*Tab. 34 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	1,39	1,37	1,11	1,88	1,31	1,412	0,284
20	3,22	3,12	1,98	4,4	2,67	3,078	0,886
30	4,34	4,28	2,48	5,78	3,55	4,086	1,208
40	4,95	4,98	2,84	6,37	4,19	4,666	1,289
50	5,29	5,36	3	6,74	4,51	4,980	1,367
60	5,39	5,46			4,76	5,203	0,386

### 3.9.10 2 vrstvy 80% SAP + 20% BIKO

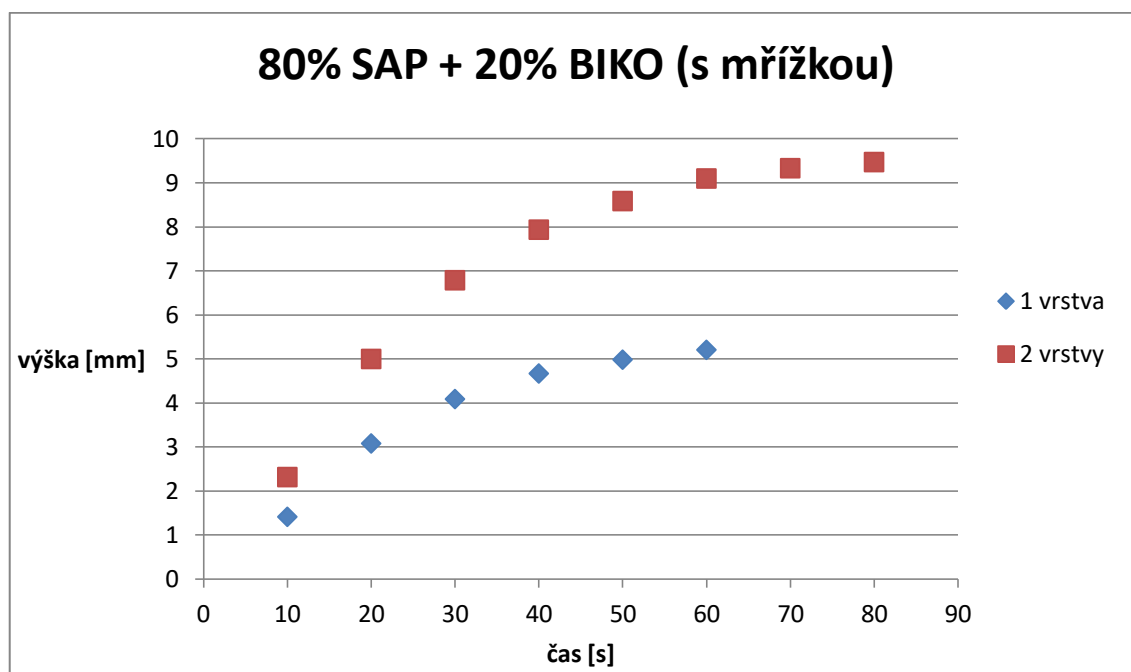
*Tab. 35 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

80% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [ $\text{g/m}^2$ ]	max. výška [mm]	čas [s]
260,25	9,466	86

Tab. 36 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	2,31	2,09	2,09	2,85	2,23	2,314	0,314
20	4,67	4,24	4,74	5,3	6,03	4,996	0,690
30	6,26	5,92	6,62	7,01	8,11	6,784	0,845
40	7,2	7,05	7,86	8,31	9,24	7,932	0,891
50	7,87	7,75	8,62	8,89	9,78	8,582	0,826
60	8,34	8,29	9,17	9,2	10,47	9,094	0,884
70	8,62	8,57	9,4	9,32	10,73	9,328	0,873
80	8,72	8,79	9,47		10,89	9,468	1,007

### 3.9.11 Vyhodnocení vzorků s 80% SAP + 20% BIKOMP s mřížkou



Graf 6. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 80% SAP + 20% BIKO, testovaného s mřížkou.

Při výrobě vzorků s 80% SAP bylo naraženo na limit mykatelnosti a limit vyrobitelnosti rovnoměrné plošné hmotnosti. Nepodařilo se vyrobit materiál s nejvyšší plošnou hmotností. Z důvodu velké nerovnoměrnosti nebyly vzorky vybírány náhodně, ale byly vybírány podle podobných plošných hmotností. Z grafu lze vidět dosud nejvyšší sorpci, která byla docílena. Rovněž byla naměřena vysoká dynamika sorpce. Na základě těchto výsledků, byla vyvíjena 3. série měření. Zde bylo nutné snížit počet

pojivých míst, tak jako tomu bylo u vzorků s 80% SAP a 20% pojiva, ale s tím rozdílem, aby zůstala zachována schopnost vymykání a rovnoměrné plošné hmotnosti.

### 3.10 3. série vzorků

V závěrečném rozhodování pro výrobu dalších vzorků, bylo rozhodnuto, z důvodu špatné výrobitelnosti materiálů s 80 % zastoupením superabsopčních vláken, že tyto vzorky budou vynechány. Modifikací pro třetí sérii bylo navýšení sorpce přidáním třetího materiálu. Vždy procentuální polovina bikomponentních vláken byla nahrazena čistými polyesterovými vlákny, která jsou uvedena v použitých materiálech. Důvodem toho rozhodnutí byl předpoklad snížení pojivých míst ve struktuře materiálu a výsledkem by měla být navýšena schopnost sorpce materiálu. V měření třetí série byla na testovacím zařízení ponechána podložní mřížka, která se osvědčila v měření druhém.

#### 3.10.1 1 vrstva 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES

*Tab. 37 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.*

50% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
107,5	3,112	45

*Tab. 38 Tabulka s naměřenou dynamikou vztlínání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.*

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směodat. odch.
10	2,03	1,3	1,23	1,15	1,48	1,438	0,353
20	3,06	2,28	1,94	1,97	2,52	2,354	0,461
30	3,63	2,97	2,36	2,38	2,97	2,862	0,524
40	3,67	2,99	2,5	2,69	3,28	3,026	0,466
50			2,56	2,9	3,32	2,927	0,381
60				3,01		3,010	

### 3.10.2 2 vrstvy 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES

Tab. 39 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

50% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
274,4	7,16	62

Tab. 40 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	3,37	3,9	3,05	4,03	2,83	3,436	0,522
20	5,31	5,64	4,64	6,16	4,52	5,254	0,687
30	6,09	6,66	5,59	7,14	5,54	6,204	0,692
40	6,59	7,19	6,06	7,74	6,04	6,724	0,738
50	6,89	7,44	6,28	8,03	6,41	7,010	0,730
60	7,11	7,59	6,44	8,14	6,51	7,158	0,723
70		7,6				7,600	

### 3.10.3 3 vrstvy 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES

Tab. 41 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

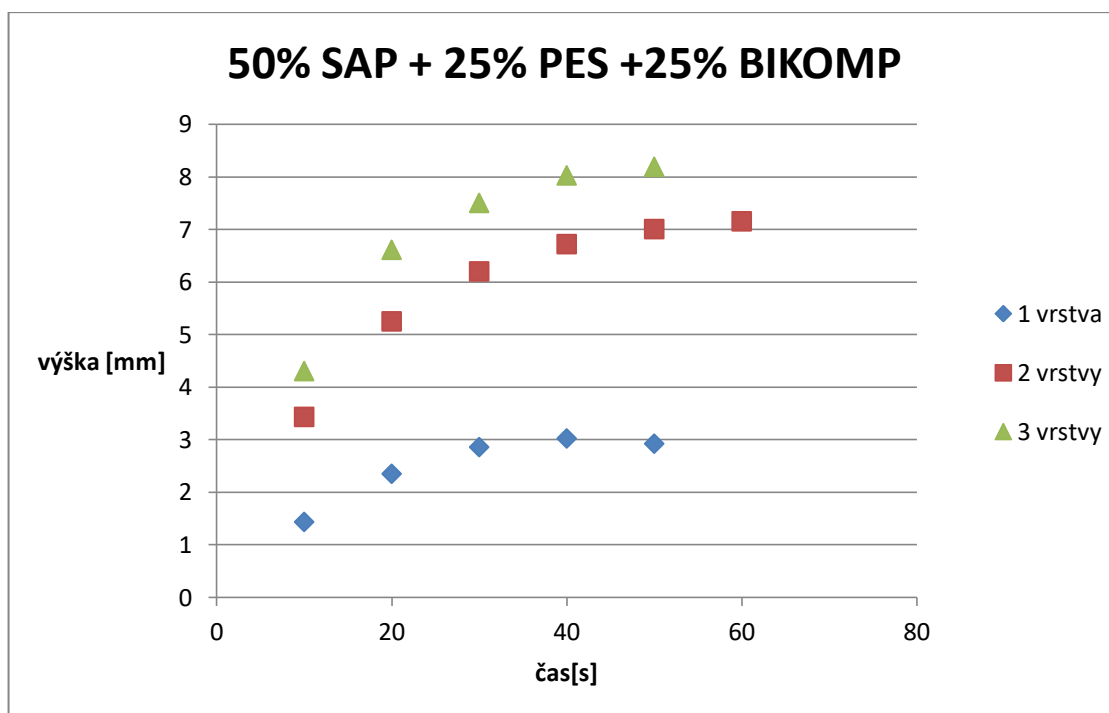
50% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
350,78	8,238	53

Tab. 42 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	h <sub>(1)</sub>	h <sub>(2)</sub>	h <sub>(3)</sub>	h <sub>(4)</sub>	h <sub>(5)</sub>	průměr	směrodat. odch.
10	4,55	4,24	4,13	4,34	4,28	4,308	0,155
20	6,91	6,52	6,38	6,82	6,45	6,616	0,235
30	7,79	7,36	7,65	7,59	7,15	7,508	0,253
40	8,57	7,66	8,28	8,1	7,55	8,032	0,426
50	8,79	7,79	8,43	8,31	7,66	8,196	0,467
60	8,91	7,88				8,395	



### 3.10.4 Vyhodnocení vzorků s 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES



Graf 7. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 50% SAP + 25% PES + 25% BIKO.

Z výsledků je patrné dobré rozhodnutí pro zvýšení sorpce vzorků bez přidávání SAP vláken. Vzorky s plošnými hmotnostmi 270 a 350 g/m<sup>2</sup> vykazují stejné, ne-li lepší výsledky, než vzorky z minulé série s procentuálním zastoupením 70% SAP a 30% bikomponentních vláken. Dodáním 25% PES vláken došlo k otevření struktury materiálu, a tudíž k lepší schopnosti sorpce. V praxi by došlo k velké úspoře SAP vláken a bikomponentních vláken.

### 3.10.5 1 vrstva 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES

Tab. 43 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

70% SAP 1 vrstva		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
158,42	7,696	59

Tab. 44 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

1 vrstva	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	2,18	1,78	2,12	2,16	2,79	2,206	0,365
20	4,59	4,37	4,74	4,74	4,79	4,646	0,172
30	5,85	5,57	6,09	6,04	6,29	5,968	0,272
40	6,94	6,5	7,21	7,18	7,07	6,980	0,289
50	7,62	7,05	7,67	7,57	7,49	7,480	0,249
60		7,84			7,81	7,825	0,021

### 3.10.6 2 vrstvy 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES

Tab. 45 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

70% SAP 2 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
319,67	11,11	63

Tab. 46 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou.

2 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	2,37	3,64	4,93	3,68	2,95	3,514	0,959
20	5,76	7,03	7,91	6,71	6,92	6,866	0,769
30	7,84	8,96	9,68	8,47	9,22	8,834	0,707
40	9,07	9,7	11,17	9,83	10,12	9,978	0,769
50	10,04	9,79	12,15	10,26	11,07	10,662	0,960

### 3.10.7 3 vrstvy 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES

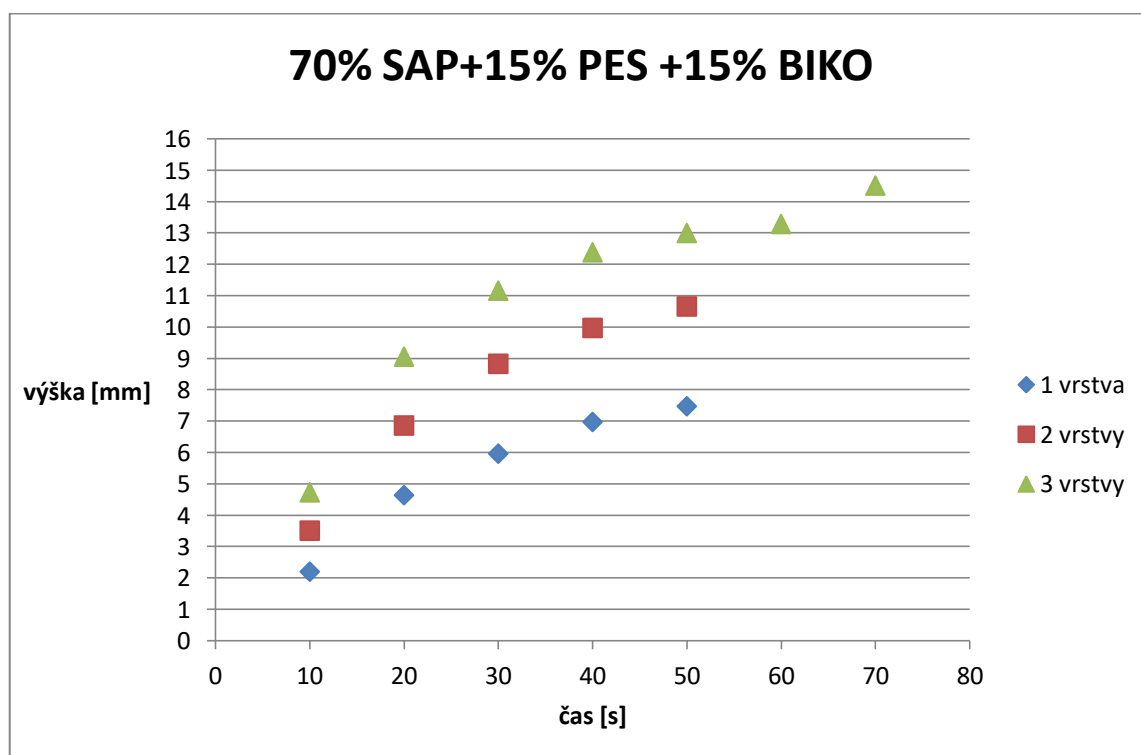
Tab. 47 Tabulka s naměřenými průměrnými hodnotami: plošné hmotnosti, přírůstkem maximální výšky a času sorpce.

70% SAP 3 vrstvy		
plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	max. výška [mm]	čas [s]
444,13	13,504	79

Tab. 48 Tabulka s naměřenou dynamikou vzlinání po 10 sekundách a provedou základní statistikou

3 vrstvy	naměřené výšky v čase t					statistika	
t (s)	$h_{(1)}$	$h_{(2)}$	$h_{(3)}$	$h_{(4)}$	$h_{(5)}$	průměr	směodat. odch.
10	5,28	4,92	3,5	5,05	4,93	4,736	0,706
20	9,83	9,22	6,13	10,36	9,77	9,062	1,688
30	11,98	11,44	7,49	12,81	12,12	11,168	2,113
40	13,36	12,53	8,59	14,15	13,32	12,390	2,200
50	13,92	13,12	9,09	14,83	14,07	13,006	2,272
60	14,31	13,47	9,22	15,12	14,34	13,292	2,350
70	14,55	13,51		15,49	14,52	14,518	0,809

### 3.10.8 Vyhodnocení vzorků s 70% SAP + 15% BIKO + 55% PES



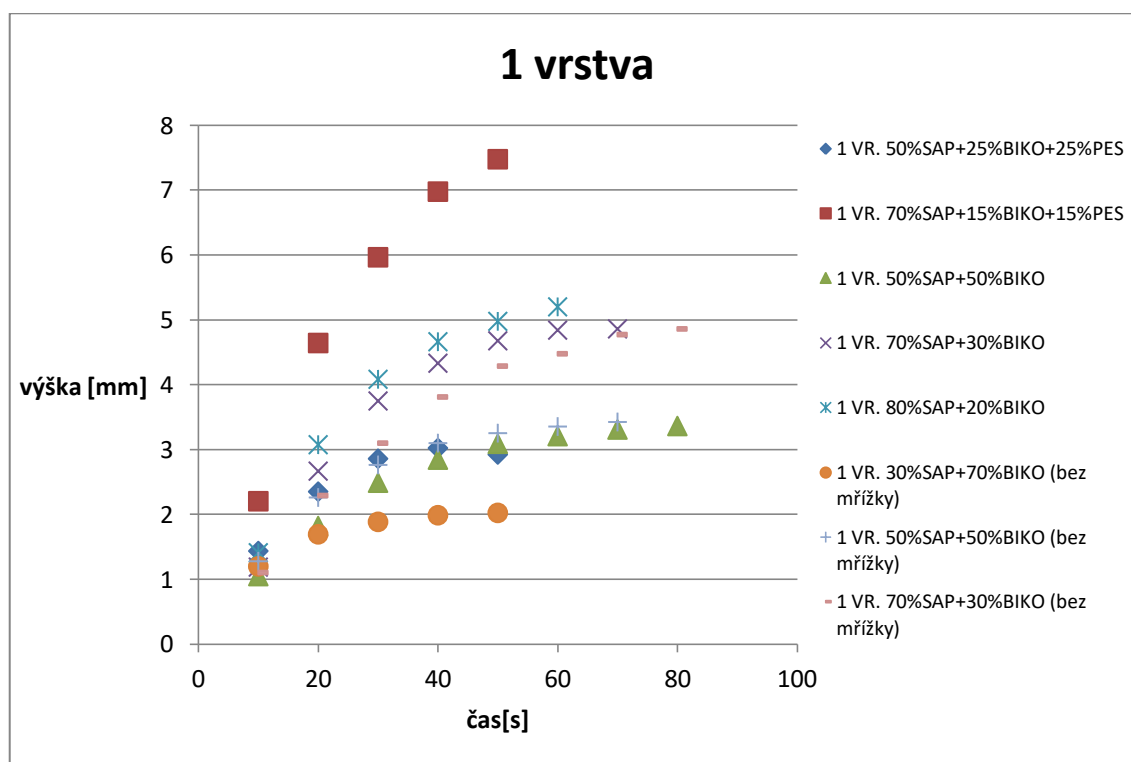
Graf 8. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro materiál s 70% SAP + 15% PES + 15% BIKO.

Jako poslední, se dle výsledků, podařilo vyrobit materiály, které vykazovaly nejvyšší sorpci z celého experimentu. Z grafu je vidět vystoupení vzorků s plošnou hmotností  $444 \text{ g/m}^2$  (3 vrstvy) o skoro 15 mm, což je velice vysoká hodnota, uvažíme-li počáteční tloušťku materiálu 5 mm. V tomto typu grafu došlo k předpokládanému chování jednotlivých plošných hmotností. Se zvyšující plošnou hmotností roste jak

dynamika rychlosti sorpce, tak množství nasorbované vody. Dle výsledků a zkušeností z výroby vzorků, je zastoupení 70% SAP hraničním procentuálním množstvím pro výrobu materiálů. Vyšší procentuální zastoupení SAP by vedlo k nerovnoměrné plošné hmotnosti a obtížné výrobě pro námi zvolený typ vláken.

### 3.11 Porovnání všech vyrobených vzorků o jedné vrstvě

Při porovnání všech materiálů o jedné vrstvě je třeba uvést, že plošná hmotnost jednotlivých vzorků se pohybovala mezi 100 až 150 g/m<sup>2</sup>. Na začátku experimentu byla předpokládána schopnost vyrobit stejné plošné hmotnosti, ale z důvodu laboratorní výroby a malé délky rouna, není možné docílit přesnosti jako ve velkosériové výrobě.



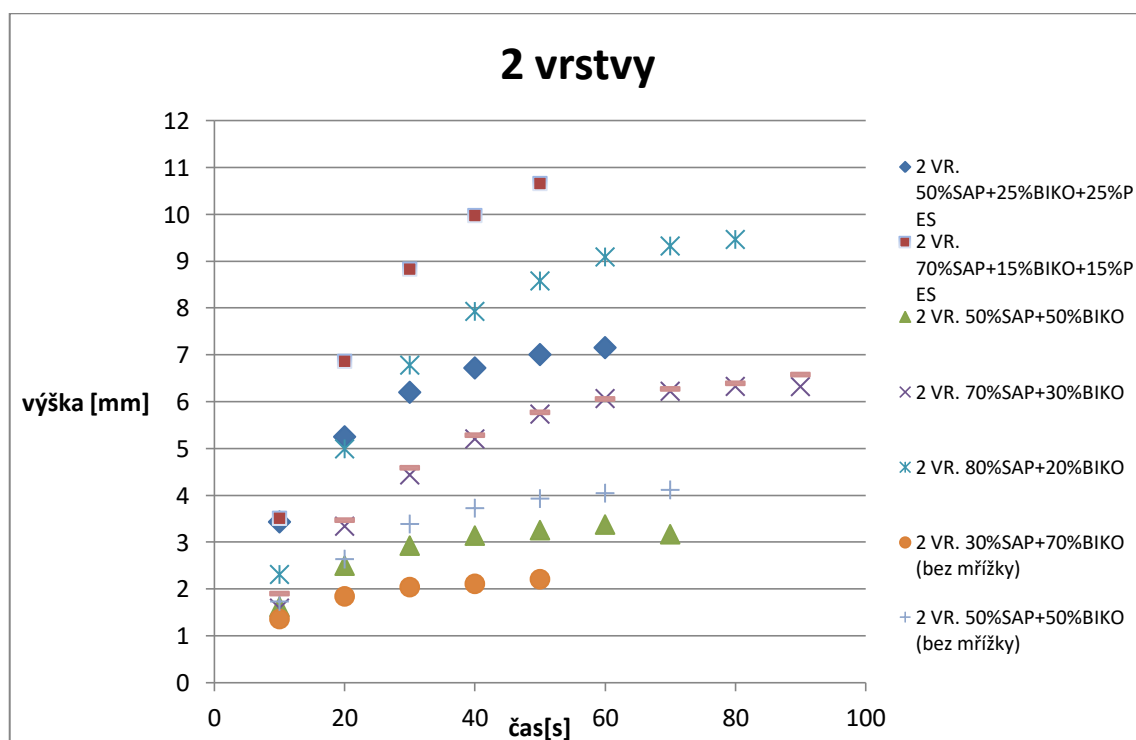
Graf 9. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro všechny měřené materiály s jednou vrstvou a zároveň nejnižšími plošnými hmotnostmi

Při porovnání jednotlivých vzorků jasně nejlepší sorpcí a také nejlepší dynamikou, disponuje materiál s obsahem 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES. Potvrzuje správný postup experimentu, když částečné nahrazení bikomponentních vláken samotnými polyesterovými vlákny způsobilo obrovský rozdíl. V grafu lze vidět, že při porovnání materiálů testovaných bez mřížky a s mřížkou nastal opačný jev než bylo předpokládáno. Po nahlédnutí do dat s plošnými hmotnostmi je vysvětlení patrné.

Vzorky testované bez mřížky disponovaly větší plošnou hmotností a tudíž přidání mřížky nevytvořilo v grafech kýžený rozdíl. Tento fakt potvrzuje dobré rozhodnutí mřížku v přístroji ponechat. Je také možné vidět výrazný rozdíl mezi vzorkem 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES a 80% SAP + 20% BIKO, kdy i větší množství SAP vláken není podmínkou pro větší sorpci a dynamiku vztlínání.

### 3.12 Porovnání všech vyrobených vzorků o dvou vrstvách

U těchto vzorků došlo k menšímu rozptylu plošných hmotností. Ve většině případů se plošná hmotnost pohybovala okolo  $250 \text{ g/m}^2$ . Je to způsobeno pokládáním vrstev na sebe před lisováním. Tím byla eliminována nerovnoměrnost.



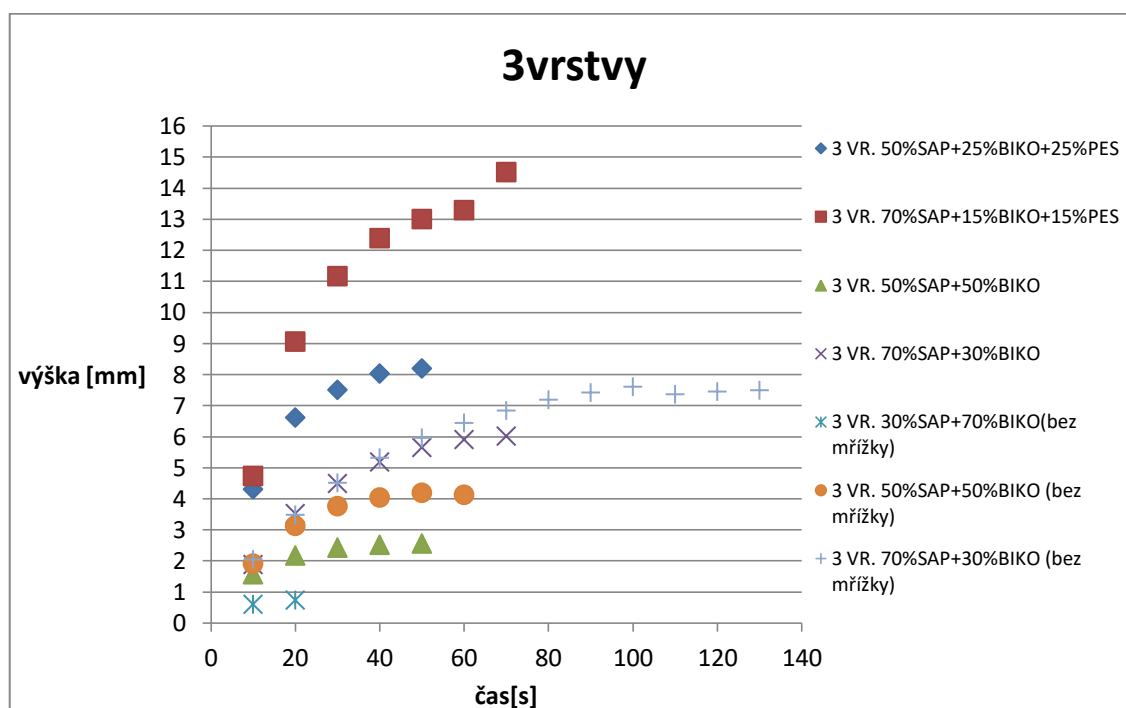
Graf 10. Graf závislosti přírůstku výšky na čase pro všechny měřené materiály s dvěma vrstvami

Opět je patrný nejlepší výsledek u vzorku s 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES. U jmenovaného vzorku lze také vidět identický konečný čas sorpce s materiálem disponujícím 1 vrstvou (poloviční plošnou hmotností). Čas je uveden v grafu 10. V tomto grafu je možné vidět předpokládané mírné zlepšení u materiálů testovaných s mřížkou, kdy se podařilo vytvořit velice podobné plošné hmotnosti. Lze také vidět, že po přidání čistých PES vláken došlo nejen k navýšení sorpce, ale také ke zkrácení

doby sorpce. Toto chování může být důležité například u inkontinenčních výrobků, kdy je potřebné rychlé odsátí, aby se uživatel cítil komfortně.

### 3.13 Porovnání všech vyrobených vzorků o třech vrstvách

Při výrobě vzorků s nejvyššími plošnými hmotnostmi došlo opět ke zhoršení nerovnoměrnosti. Plošné hmotnosti se zde pohybují od 350 g/m<sup>2</sup> do 475 g/m<sup>2</sup>, což je výrazný rozdíl a vyhodnocování se tímto stává složitějším.



Graf 11. Graf závislosti přírůstu výšky na čase pro všechny měřené materiály se třemi vrstvami a zároveň nejvyššími plošnými hmotnostmi.

Z grafu je viditelná shodná výška v prvních 10 sekundách u vzorků obsahujících PES vlákna. K rozdílu dochází až v následujícím měřeném čase 20 sekund. Další zajímavé chování je u vzorků s 70% SAP + 30%BIKO testovaných bez a s mřížkou. Vzorky dokázaly nasorbovat velice podobné množství vody, ale za velice rozdílný čas. Dynamika v počátku měření je velice podobná. Musíme také přihlídnout k faktu, že materiál testovaný s mřížkou disponoval menší plošnou hmotností a tedy předpokládáme při stejných plošných hmotnostech vyšší sorpci u vzorku testovaného s mřížkou.

## 4. Závěr

Cílem této práce bylo v první řadě seznámení se superabsorbčním materiálem a s jeho schopností zpracovatelnosti na válcovém mykacím stroji, kterým disponuje Fakulta textilní v Liberci. Tento úkol se podařilo velice zdárně provést. Podařilo se vytvořit velké množství vzorků a byl odhalen limit pro dobrou zpracovatelnost technologií mykáním, v hodnotě přibližně 70% SAP vláken v navázce. S vyššími obsahy SAP vláken docházelo k špatnému vymykání vláken a výsledný materiál byl velice nerovnoměrný. Pro zdárné vyrobení materiálů s vyšším obsahem SAP vláken by musel být vyzkoušen jiný typ stroje s jinými povlaky a jiným snímacím zařízením. Zde byly použity pilkové povlaky. Ke snímání sloužila sčesávací pilka.

Dalším úkolem bylo, po nastudování stávajících norem, navrhnout a zhotovit zařízení schopné testovat vyrobené vzorky na schopnost sorpce a jejich dynamiky sorpce. Tento úkol byl velmi zdárně splněn. Podařilo se vytvořit jednoduché laboratorní zařízení, které, s nemalou přesností, tyto parametry dokáže měřit. K měření byla rovněž vypracována metodika, která zaručuje opakovatelnost měření.

V neposlední řadě došlo k testování vyrobených vzorků, které disponovaly různými poměry SAP vláken a také různými plošnými hmotnostmi. Různé plošné hmotnosti byly získávány vrstvením vyrobeného rouna a následným lisováním za teploty 130 °C. V průběhu testování, zejména po první sérii vzorků, došlo k vylepšení zařízení vložení podložní mřížky pro lepší přístup vody ke vzorku. Tento krok se velice osvědčil a byl v přístroji ponechán po zbytek experimentu. Po druhé sérii vzorků bylo rozhodnuto o přidání PES vláken. Přidání vláken vedlo ke snížení pojivých míst v materiálu, což vedlo k otevření struktury a následné lepší sorpci. Tuto skutečnost potvrzují přesvědčivě naměřená data. Přidáním PES vláken v konečném zhodnocení dojde nejen ke zlepšení sorpce, ale také k výraznému ušetření finančních prostředků, které ve výrobním procesu hrají vysokou roli. Vzhledem k ceně SAP vláken je každé ušetření nákladů důležité.

Pro další experimenty by bylo vhodné zjistit skutečné procentuální zastoupení jednotlivých vláken u konečných produktů. V případě laboratorní výroby zůstává v mykacím stroji vždy určitý obsah vláken. Dalším experimentem by mohlo být prověřeno, kolik SAP vláken je při testování vyplaveno do okolí. Vyplavování vláken

bylo zpozorováno při prováděném testování. Vyplavování vláken nastalo ve velice malé míře, což by pro některé aplikace, například ve zdravotnictví, mohlo být problémem.

Vytvořené zařízení by mohlo sloužit nejen k testování materiálů s obsahem SAP ale i pro testování jiných absorpčních materiálů. Ke zlepšení by rovněž mohlo dojít při vyhodnocení, které v našem případě nepočítalo s objemem nasorbované kapaliny, který se u superabsorbčních vzorků uvádí. Zde nebylo toto měření prováděno z důvodu časové náročnosti experimentu. Tímto dává prostor pro další experimenty.



## 5. Literatura

- [1] RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] :Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
- [2] Jirsák/Kalinová: Netkané textilie, TU Liberec 2003, ISBN 80-7083-746-2,
- [3] Dostupné z: <http://Parametric optimization with the use of numerically efficient finite element models P Danielczyk - Advances in Mechanical Engineering, 2015 - journals.sagepub.com>
- [4] Mr. P.K.Roy, Mr.Tanveer Malik a Mr.T.K.Sinha. Thermal bonded nonwoven – an overview.
- [5] [online]. In: [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://nanoed.tul.cz/course/search.php?search=TCT>
- [6] SUPERABSORBENTY [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.edana.org/discover-nonwovens/how-they're-made/superabsorbents>
- [7] Werner G (1984) Verwendung von hochsaugaktiven Polymeren in technischen Vliesstoffen, AVR-Allgem Vliesstoffrep: 178–182
- [8] Edited by W. Albrecht, H. Fuchs, W. Kittelmann. Nonwoven Fabrics: Raw Materials, Manufacture, Applications, Characteristics, Testing Processes. 2003 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN 3-527-30406-1.
- [9] [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://techabsorbents.com/en/applications/>
- [10] [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://techabsorbents.com/en/about>
- [11] McMurry John. Organická chemie. VŠCHT Praha (1. vydání, 2015). ISBN 978-80-7080-930-3.
- [12] [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyakryl%C3%A1t\\_sodn%C3%BD#/media/File:Sodium\\_polyacrylate\\_skeletal.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyakryl%C3%A1t_sodn%C3%BD#/media/File:Sodium_polyacrylate_skeletal.png)

- [13] [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z:  
<http://www.wikiwand.com/cs/Polyethylentereftal%C3%A1t>
- [14] SCHEJBALOVÁ, Hana a Ivan STIBOR. Úvod do studia organické a makromolekulární chemie. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-879-5
- [15] Lukáš, D.: Materiálové inženýrství netkaných textilií, skripta, Technická Univerzita v Liberci 2003
- [16] HORÁK, Z. – KRUPKA, F.: Fyzika, 3. vyd. Sv. 2, SNTL, 1981
- [17] ŠMIDRKAL, Jan. Tenzidy a detergenty dnes, Chemické listy 93, 421-427, 1999.
- [18] GENNES, Pierre-Gilles de, Françoise BROCHARD-WYART a David QUÉRÉ. Capillarity and wetting phenomena: drops, bubbles, pearls, waves. New York
- [19] Ščukin E.D, Petrov A.V, Amenova E.A.: Koloidní chemie, Academia Praha, 1990
- [20] KUTÍLEK, Miroslav. Vlhkost pórovitých materiálů. Praha: SNTL, 1984. Česká matice technická, Sv. 422.
- [21] Copyright© 2012 INDA, Association of the Nonwoven Fabrics Industry and EDANA, International Association Serving the Nonwovens and Related Industries.

## 6. Seznam příloh

V této příloze jsou uvedeny tabulky z měření jednotlivých sérií.

### Příloha A

- Tab. (tab. A. 1 – tab. A.9) obsahují naměřené hodnoty v 1. sérii měření.

### Příloha B

- Tab. (tab. A. 10 – tab. A.17) obsahují naměřené hodnoty v 2. sérii měření, kde byla poprvé použita mřížka.

### Příloha C

- Tab. (tab. A. 10 – tab. A.17) obsahují naměřené hodnoty v 3. sérii měření.

### Příloha A

#### Materiály s obsahem 30% SAP + 70% BIKO

*Tab. A. 1: 30% SAP + 70% BIKO 1 vrstva*

30% SAP 1 vrstva			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,1	2,43	0:00:45
2	0,1	1,97	0:00:48
3	0,09	2,02	0:01:02
4	0,09	2,09	0:00:45
5	0,08	1,76	0:01:10
<b>průměr</b>	<b>0,092</b>	<b>2,054</b>	<b>0:00:54</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,008367	0,243578	

*Tab. A. 2: 30% SAP + 70% BIKO 2 vrstvy*

30% SAP 2 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,19	2,29	0:00:53
2	0,18	2,03	0:00:53
3	0,18	2,47	0:00:54
4	0,18	2,09	0:00:46
5	0,2	1,83	0:00:32
<b>průměr</b>	<b>0,186</b>	<b>2,142</b>	<b>0:00:48</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,008944	0,246008	

Tab. A. 3: 30% SAP + 70% BIKO 3 vrstvy

30% SAP 3 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,33	0,84	0:00:26
2	0,28	0,9	0:00:30
3	0,35	0,45	0:00:25
4	0,36	0,96	0:00:22
5	0,29	0,66	0:00:22
<b>průměr</b>	<b>0,322</b>	<b>0,762</b>	<b>0:00:25</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,035637	0,207413	

## Materiály s obsahem 50% SAP + 50% BIKO

Tab. A. 4: 50% SAP + 50% BIKO 1 vrstva

50% SAP 1 vrstva			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,08	3,48	0:01:33
2	0,11	3,14	0:01:30
3	0,08	3,55	0:01:11
4	0,1	3,53	0:01:15
5	0,09	3,68	0:01:07
<b>průměr</b>	<b>0,092</b>	<b>3,476</b>	<b>0:01:19</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,013038	0,201817	

Tab. A. 5: 50% SAP + 50% BIKO 2 vrstvy

50% SAP 2 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,15	3,99	0:01:03
2	0,14	4,19	0:01:08
3	0,16	4,57	0:01:16
4	0,16	4,47	0:01:11
5	0,14	3,3	0:01:05
<b>průměr</b>	<b>0,15</b>	<b>4,104</b>	<b>0:01:09</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,01	0,50446	

Tab. A. 6: 50% SAP + 50% BIKO 3 vrstvy

50% SAP 3 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,23	4,15	0:01:07
2	0,27	4,75	0:00:56
3	0,28	3,83	0:01:04
4	0,28	4,49	0:01:00
5	0,26	4,11	0:01:03
<b>průměr</b>	<b>0,264</b>	<b>4,266</b>	<b>0:01:02</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,020736	0,357883	

## Materiály s obsahem 70% SAP + 30% BIKO

Tab. A. 7: 70% SAP + 30% BIKO 1 vrstva

70% SAP 1 vrstva			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,08	5,01	0:01:04
2	0,09	4,49	0:01:09
3	0,08	4,79	0:01:29
4	0,08	5,14	0:01:33
5	0,07	4,93	0:01:33
<b>průměr</b>	<b>0,08</b>	<b>4,872</b>	<b>0:01:22</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,007071	0,248435	

Tab. A. 8: 70% SAP + 30% BIKO 2 vrstvy

70% SAP 2 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,16	5,99	0:01:22
2	0,15	5,75	0:01:30
3	0,19	7,11	0:01:49
4	0,17	6,34	0:01:22
5	0,19	7,2	0:01:41
<b>průměr</b>	<b>0,172</b>	<b>6,478</b>	<b>0:01:33</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,017889	0,653429	

Tab. A. 9: 70% SAP + 30% BIKO 3 vrstvy

70% SAP 3 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,33	9,12	0:02:13
2	0,32	9,21	0:01:41
3	0,31	7,68	0:02:08
4	0,33	6,88	0:02:12
5	0,29	6,34	0:02:18
<b>průměr</b>	<b>0,316</b>	<b>7,846</b>	<b>0:02:06</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,016733	1,295407	

## Příloha B

### Materiály s obsahem 50% SAP + 50% BIKO

Tab. B. 10: 50% SAP + 50% BIKO 1 vrstva

50% SAP 1 vrstva s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,08	3,9	0:01:21
2	0,09	2,93	0:01:23
3	0,09	2,89	0:01:36
4	0,09	3,42	0:01:13
5	0,1	3,89	0:01:25
<b>průměr</b>	<b>0,09</b>	<b>3,406</b>	<b>0:01:24</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,007071	0,492778	

Tab. B. 11: 50% SAP + 50% BIKO 2 vrstvy

50% SAP 2 vrstvy s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,19	3,97	0:01:09
2	0,19	3,02	0:01:26
3	0,2	4,08	0:00:53
4	0,18	3,22	0:00:44
5	0,19	2,56	0:01:08
<b>průměr</b>	<b>0,19</b>	<b>3,37</b>	<b>0:01:04</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,007071	0,645213	

Tab. B. 12: 50% SAP + 50% BIKO 3 vrstvy

50% SAP 3 vrstvy s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,3	2,76	0:00:52
2	0,32	3,09	0:00:58
3	0,33	2,33	0:00:53
4	0,37	2,54	0:01:25
5	0,36	2,16	0:01:08
<b>průměr</b>	<b>0,336</b>	<b>2,576</b>	<b>0:01:03</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,02881	0,365007	

### Materiály s obsahem 70% SAP + 30% BIKO

Tab. B. 13: 70% SAP + 30% BIKO 1 vrstva

70% SAP 1 vrstva s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,06	5,26	0:01:00
2	0,06	3,97	0:01:05
3	0,07	4,74	0:01:06
4	0,08	5,24	0:01:18
5	0,08	5,56	0:01:57
<b>průměr</b>	<b>0,07</b>	<b>4,954</b>	<b>0:01:17</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,01	0,623843	

Tab. B. 14: 70% SAP + 30% BIKO 2 vrstvy

70% SAP 2 vrstvy s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,18	7,05	0:01:25
2	0,16	6,3	0:01:34
3	0,18	5,73	0:01:22
4	0,18	6,27	0:01:42
5	0,18	6,65	0:01:15
<b>průměr</b>	<b>0,176</b>	<b>6,4</b>	<b>0:01:28</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,008944	0,490102	

Tab. B. 15: 70% SAP + 30% BIKO 3 vrstvy

70% SAP 3 vrstvy s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,26	5,91	0:01:14
2	0,25	6,16	0:01:06
3	0,25	6,33	0:01:07
4	0,25	5,82	0:01:24
5	0,24	6,07	0:01:07
<b>průměr</b>	<b>0,25</b>	<b>6,058</b>	<b>0:01:12</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,007071	0,201916	

## Materiály s obsahem 80% SAP + 20% BIKO

Tab. B. 16: 80% SAP + 20% BIKO 1 vrstva

80% SAP 1 vrstva s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,06	5,4	0:00:59
2	0,07	5,47	0:01:07
3	0,05	3,04	0:00:53
4	0,08	6,79	0:00:52
5	0,07	4,85	0:01:09
<b>průměr</b>	<b>0,066</b>	<b>5,11</b>	<b>0:01:00</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,011402	1,359099	

Tab. B. 17: 80% SAP + 20% BIKO 2 vrstvy

80% SAP 2 vrstvy s mřížkou			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,18	8,73	0:01:29
2	0,19	8,91	0:01:28
3	0,19	9,47	0:01:14
4	0,18	9,33	0:01:40
5	0,18	10,89	0:01:20
<b>průměr</b>	<b>0,184</b>	<b>9,466</b>	<b>0:01:26</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,005477	0,851046	



## Příloha C

### Materiály s obsahem 50% SAP + 25% BIKO + 25% PES

Tab. C. 18: 50% SAP + 25% BIKO +25% PES 1 vrstva

50% SAP 1 vrstva			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,08	3,67	0:00:36
2	0,08	2,99	0:00:32
3	0,08	2,57	0:00:51
4	0,07	3,01	0:00:59
5	0,07	3,32	0:00:49
<b>průměr</b>	<b>0,076</b>	<b>3,112</b>	<b>0:00:45</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,005477	0,41039	

Tab. C. 19: 50% SAP + 25% BIKO +25% PES 2 vrstvy

50% SAP 2 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,21	7,11	0:01:06
2	0,19	7,6	0:01:05
3	0,2	6,44	0:01:03
4	0,19	8,14	0:00:59
5	0,18	6,51	0:00:58
<b>průměr</b>	<b>0,194</b>	<b>7,16</b>	<b>0:01:02</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,011402	0,72412	

Tab. C. 20: 50% SAP + 25% BIKO +25% PES 3 vrstvy

50% SAP 3 vrstvy			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,24	8,91	0:01:00
2	0,25	7,88	0:00:59
3	0,25	8,43	0:00:49
4	0,26	8,31	0:00:47
5	0,24	7,66	0:00:50
<b>průměr</b>	<b>0,248</b>	<b>8,238</b>	<b>0:00:53</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,008367	0,488846	

## **Materiály s obsahem 70% SAP + 15% BIKO + 15% PES**

*Tab. C. 21: 70% SAP + 15% BIKO +15% PES 1 vrstva*

<b>70% SAP 1 vrstva</b>			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,12	7,84	0:00:59
2	0,11	7,36	0:01:03
3	0,12	7,71	0:00:51
4	0,1	7,65	0:00:55
5	0,11	7,92	0:01:07
<b>průměr</b>	<b>0,112</b>	<b>7,696</b>	<b>0:00:59</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,008367	0,215708	

*Tab. C. 22: 70% SAP + 15% BIKO +15% PES 2 vrstvy*

<b>70% SAP 2 vrstvy</b>			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,25	10,23	0:01:09
2	0,22	9,79	0:00:48
3	0,22	12,43	0:01:02
4	0,21	10,54	0:01:05
5	0,23	12,56	0:01:13
<b>průměr</b>	<b>0,226</b>	<b>11,11</b>	<b>0:01:03</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,015166	1,292923	

*Tab. C. 23: 70% SAP + 15% BIKO +15% PES 3 vrstvy*

<b>70% SAP 3 vrstvy</b>			
měření	m[g]	h[mm]	t[min]
1	0,34	14,62	0:01:23
2	0,27	13,55	0:01:13
3	0,27	9,24	0:01:21
4	0,34	15,58	0:01:23
5	0,35	14,53	0:01:15
<b>průměr</b>	<b>0,314</b>	<b>13,504</b>	<b>0:01:19</b>
<b>směrodat. odch.</b>	0,040373	2,489564	